



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

**TÍTOL:**

Diseño de una infraestructura  
de telecomunicaciones municipal

**AUTOR:** Adrián Segura Jiménez

**TITULACIÓ:** Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones

**DIRECTOR:** Daniel Guasch Murillo

**DEPARTAMENT:** Ingeniería Telemática

**DATA:** Junio 2009

**TÍTOL: Diseño de una infraestructura de telecomunicaciones municipal**

**COGNOMS: Segura Jiménez**

**NOM: Adrián**

**TITULACIÓ: Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones**

**ESPECIALITAT: Sistemas Electrónicos**

**PLA: 95**

**DIRECTOR: Daniel Guasch Murillo**

**DEPARTAMENT: Ingeniería Telemática**

**QUALIFICACIÓ DEL PFC**

**TRIBUNAL**

**PRESIDENT**

Jorge García Mateos

**SECRETARI**

Rafael Morillas Varon

**VOCAL**

Jorge Prat Tasias

**DATA DE LECTURA:**

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☐ Sí ☐ No

## PROJECTE FI DE CARRERA

### RESUM (màxim 50 línies)

Diseño de una infraestructura TIC municipal completa siguiendo una metodología basada en servicios, con el objetivo de dotar al consistorio de una plataforma compatible con los requerimientos de la e-Administración.

El diseño abarca la reorganización de los servicios, así como todos los elementos que intervienen; plataforma de servidores, infraestructura de telecomunicaciones y telefonía.

Para ello se ha utilizado la última tecnología disponible en el mercado, integrando el conjunto en una solución global y compatible.

### Paraules clau (màxim 10):

Servicios	Virtualización	VoIP	e-Administración
Escalabilidad	Integración	Almacenamiento	Microtrenching
VLAN	Gestión		

*Dedicado a la memoria de mi padre...*

1. Introducción .....	3
2. Objetivos .....	7
2.1. Introducción .....	9
2.2. Objetivos.....	9
2.3. Metodología.....	10
2.4. Estructura del diseño .....	11
3. Escenario de aplicación .....	15
3.1. Introducción .....	17
3.2. Servicios y aplicaciones.....	17
3.2.1. Servicios Básicos .....	17
3.2.2. Servicios específicos.....	19
3.2.3. Aplicativos Corporativos .....	20
3.3. Equipamiento.....	21
3.3.1. Infraestructura de servidores .....	21
3.3.2. Subsistema de telefonía .....	23
3.3.3. Red de comunicaciones .....	24
3.3.4. Equipamiento de red .....	26
3.4. Infraestructura .....	29
3.4.1. Infraestructura de LAN (estructurado) .....	29
4. Estado del arte .....	31
4.1. Introducción .....	33
4.2. Virtualización .....	33
4.2.1. Introducción .....	33
4.2.2. Tecnología .....	33
4.2.3. Beneficios .....	34
4.2.4. Panorama actual .....	34
4.3. Infraestructura de servidores.....	35
4.3.1. Tecnología .....	36
4.3.2. Beneficios .....	36
4.3.3. Panorama actual .....	37
4.4. Telefonía.....	39
4.4.1. Tecnología .....	40
4.4.2. Beneficios .....	41
4.4.3. Panorama actual .....	42
4.5. Conectividad .....	42
4.5.1. Tecnología .....	43
4.5.2. Beneficios .....	43
4.5.3. Panorama Actual.....	44
5. Diseño.....	47
5.1. Introducción .....	49
5.2. Diseño de los servicios y aplicaciones .....	50
5.2.1. Distribución de los servicios y aplicaciones en Unidades de Servicio.....	51
5.2.2. Otros servicios.....	54
5.2.3. Requerimientos impuestos por los servicios .....	56
5.3. Diseño del equipamiento .....	59
5.4. Arquitectura de Servidores.....	60
5.5. Entorno de Virtualización .....	60
5.5.1. Beneficios de una plataforma de virtualización .....	60
5.5.2. Elección de la solución de virtualización. ....	62
5.6. Servidores.....	64
5.6.1. Estructura y elementos .....	65
5.6.2. Sistema de almacenamiento .....	67
5.6.3. Sistema de Backup.....	68
5.7. Plataforma de Telefonía.....	70

5.7.1.	Características de la plataforma .....	71
5.7.2.	Elección de un protocolo .....	71
5.7.3.	Elección de un Códec.....	71
5.7.4.	Sistema de interconexión.....	72
5.7.5.	Elección de la plataforma comercial .....	73
5.8.	Red de comunicaciones.....	75
5.8.1.	Estructura lógica .....	75
5.8.2.	Segmentación de la red (VLAN'S) .....	78
5.8.3.	Equipamiento de red .....	85
5.9.	Infraestructura .....	91
5.9.1.	Diseño y acondicionamiento del CPD .....	91
5.9.2.	Reestructuración del cableado .....	95
5.9.3.	Cableado troncal.....	99
5.9.4.	Interconexión de los equipamientos municipales.....	102
6.	Planificación .....	109
6.1.	Introducción .....	111
6.2.	Fases.....	111
6.2.1.	Fase 0 Preliminar .....	111
6.2.2.	Fase 1 Conexión de los equipamientos municipales.....	112
6.2.3.	Fase 2 Instalación del cableado interno del ayuntamiento .....	113
6.2.4.	Fase 3 Instalación de los equipos de conmutación .....	113
6.2.5.	Fase 4 Migración de los usuarios a la nueva red .....	114
6.2.6.	Fase 5 Instalación del sistema de telefonía .....	115
6.2.7.	Fase 6 Instalación de la infraestructura de servidores y SAN .....	116
6.2.8.	Fase 7 Creación de la plataforma virtual .....	116
6.2.9.	Fase 8 Reorganización y migración de los servicios. ....	117
6.2.10.	Fase 9 Creación de las zonas de seguridad.....	118
6.2.11.	Fase 10 Análisis del Proyecto y conclusiones .....	119
7.	Valoración Económica .....	121
7.1.	Partidas.....	123
7.1.1.	Interconexión de edificios .....	123
7.1.2.	Infraestructura Ayuntamiento .....	124
7.1.3.	Electrónica de red .....	124
7.1.4.	Telefonía IP .....	124
7.1.5.	Plataforma de servidores y Virtualización .....	125
7.1.6.	Plataforma Internet .....	125
7.1.7.	Ingeniería.....	125
7.2.	Coste total del proyecto.....	126
8.	Conclusiones .....	127
8.1.	Objetivos del proyecto.....	129
8.1.1.	Organización de servicios.....	129
8.1.2.	Arquitectura de servidores .....	129
8.1.3.	Plataforma de telefonía .....	130
8.1.4.	Red de comunicaciones .....	130
8.1.5.	Infraestructura .....	130
8.2.	Problemas encontrados .....	131
8.2.1.	Escenario de partida.....	131
8.2.2.	Escenario multidisciplinar .....	132
9.	Futuras vías de trabajo.....	133
9.1.	Integración de nuevos servicios .....	135
9.2.	Guía para la estandarización de municipios.....	135
10.	Bibliografía .....	137
11.	Agradecimientos.....	141

# 1. Introducción





La tendencia demográfica a lo largo de estos últimos años ha tenido como factor principal la desubicación de las grandes ciudades, hacia poblaciones más pequeñas y alejadas del ámbito metropolitano.

Esta tendencia se deriva, entre otros factores, del incremento de los precios de la vivienda en las principales ciudades, la mejora de las infraestructuras, una mejor calidad de vida y mayores equipamientos en dichas poblaciones. Y todo con un precio más asequible.

Esto genera que las poblaciones pequeñas en radios próximos al metropolitano hayan incrementado substancialmente su población de primera residencia.

Las administraciones locales (ayuntamientos, consejos comarcales y sanidad entre otros) de estas poblaciones ven incrementadas exponencialmente su actividad debido al aumento de sus “clientes” y toda su operativa se ve desbordada y resulta insuficiente.

La respuesta es una apuesta por incrementar los recursos humanos y tecnológicos para abarcar el incremento de demanda. Aumentando así las infraestructuras, los servicios y el equipamiento del consistorio.

Otro hecho a destacar es la dispersión por el municipio de diferentes centros municipales (Polideportivos, CAP's, almacenes, oficinas de turismo, espacios de ocio, etc.) que cada vez más necesitan estar conectados telemáticamente a los servicios del ayuntamiento (bases de datos, aplicativos municipales, ...).

En otro ámbito, desde las administraciones centrales y estatales se apuesta por una modernización de las administraciones locales y se pone a disposición de los municipios herramientas y medios basados en las TIC.

El fin es facilitar la operativa de los consistorios y que estos puedan ofrecer a los ciudadanos una serie de servicios modernos y accesibles. Entre estos podemos destacar proyectos como la AOC (Administració Oberta de Catalunya) siendo uno de los más significativos.

Unido a todo esto existe la ley orgánica 11/2007 de obligado cumplimiento a partir de enero del 2010 para todas las administraciones públicas. Dicha ley obliga a la creación de herramientas y métodos de carácter telemático para favorecer la relación electrónica entre las diferentes administraciones y entre los entes locales y sus ciudadanos.

Frente a este cambio, los ayuntamientos encuentran un problema importante. Sus infraestructuras TIC son, por norma general, insuficientes y obsoletas, por lo que son incapaces de asumir los nuevos retos que imponen la coyuntura tecnológica actual.

Esto se debe en gran parte a que hasta hace poco las TIC no desempeñaban un papel tan importante y quedaban siempre en un segundo plano. A diferencia de las empresas privadas que han apostado por este cambio muchos años atrás impulsando la industria del sector.

Con esta perspectiva los consistorios se enfrenta a un gran reto, rediseñar toda su infraestructura TIC y dotarla de los elementos necesarios para asumir los nuevos servicios de la e-Administración y a su vez modernizar toda su operativa.

## 2. Objetivos



## 2.1. Introducción

Como se presentaba en la introducción, las administraciones públicas y concretamente los ayuntamientos, apoyados por sus Diputaciones, se enfrentan a un reto tecnológico, la inclusión de nuevos servicios al ciudadano enmarcados en la era de la Sociedad de la Información, como respuesta a la Ley Orgánica 11/2007.

Esto se traduce en una apuesta clara por la mejora e innovación de la comunicación con el ciudadano, una mayor calidad de los servicios y una mejora de la accesibilidad, entre otros aspectos.

Evidentemente un cambio de estrategia de este tipo implica cambios profundos tanto en la organización como especialmente en su infraestructura que debe soportar y dar capacidad para estos nuevos servicios de una manera eficaz y segura. Estos cambios necesariamente han de ser orquestados bajo un diseño de todos los elementos implicados de una forma ordenada y coherente.

## 2.2. Objetivos

El objetivo de este proyecto es el diseño de una toda una nueva plataforma TIC municipal. Este diseño se centra en ciertos puntos básicos que articulan toda la infraestructura:

- Reorganización de los servicios actuales y la inclusión de nuevos servicios.
- Elección del equipamiento necesario para soportar estos servicios.
- Renovación del sistema de telefonía basándose en un espíritu innovador.
- Diseño de una nueva estructura de red capaz de dar respuesta a los nuevos servicios y futuras necesidades.
- Diseño de una nueva infraestructura de cableado que soporte toda la nueva estructura TIC y la expansión de esta a los equipamientos municipales.

## 2.3. Metodología

Si se analiza la realidad de cualquier entorno de trabajo en grupo, tanto público como privado, se puede observar una característica común; los servicios. Cualquier usuario de una red corporativa necesita una serie de servicios para realizar su trabajo. Estos servicios son la piedra angular de una red corporativa y sus características determinarán la operativa de trabajo y las prestaciones.

Si se aplica al escenario de un consistorio, una estructura coherente basada en servicios redundará en una mejor operativa interna de trabajo, un mejor servicio al ciudadano y una administración de la plataforma TIC más ágil y eficiente.

Como se puede observar este es el objetivo principal de este proyecto, dotar a los ciudadanos de una mejor relación con su Ayuntamiento y añadir nuevos servicios orientados a la administración digital, apoyándose en una reestructuración de la plataforma de servicios y todos los elementos sobre la que se sostienen.

Como base para el diseño de una plataforma orientada a servicios se utilizará el modelo OSI (Open System Interconnection) del inglés, modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos. Este modelo en forma de pila o torre permitirá, de manera organizada, diseñar los diferentes elementos que componen la plataforma gracias a su interoperabilidad entre capas. A continuación se presenta un gráfico de esta estructura.



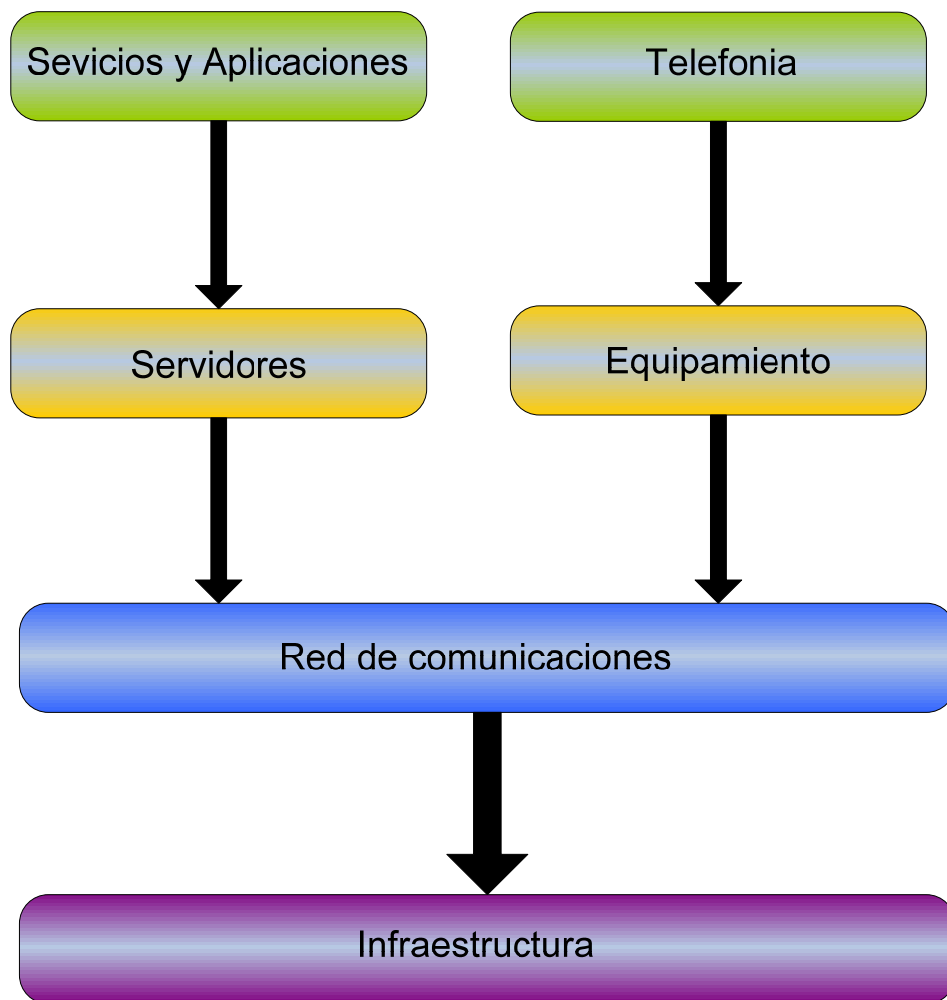
Este modelo teórico se caracteriza por ser capaz de describir cualquier proceso, aplicativo o sistema de una red telemática y dividirlo en capas. Estas capas se interrelacionan transmitiéndose datos en ambas direcciones (ascendente y descendente). Esta será pues la metodología que se utilizar para el diseño de la infraestructura.

## 2.4. Estructura del diseño

Si se aplica este modelo a los servicios TIC de cualquier municipio se puede describir todos los elementos que intervienen en un servicio y diseñarlos coherentemente con las necesidades que generan estos.

De esta manera una vez seleccionados todos los servicios requeridos para el nuevo escenario y correctamente organizados, se puede diseñar de una manera descendente todos los elementos necesarios para el óptimo funcionamiento de dichos servicios. Estos elementos bajo la óptica de la torre OSI se pueden organizar en capas o estratos comunes para un diseño global y coherente con todos los requerimientos.

## Estructura del Diseño



Como se puede observar en el anterior gráfico, el diseño de los servicios genera una serie de especificaciones necesarias, que a su vez imponen unas nuevas reglas de diseño para las capas inferiores. Este tipo de estructura asegura un diseño coherente con todas las especificaciones necesarias y permite una correcta relación entre los diferentes elementos que componen las TIC de cualquier escenario presente no solo en un consistorio, si no en cualquier escenario de red corporativa.

Cabe destacar, como también se observa en el gráfico, que el servicio de telefonía se trata de manera separada al resto de servicios debido a su particular estructura.



Así pues, el objetivo de este proyecto es el diseño de las TIC de un ayuntamiento basándose en la organización de servicios y el diseño de todos sus elementos, utilizando como guión la estructura OSI en forma de capas o estratos. Este diseño tiene como premisa la introducción de nuevos elementos orientados a la administración digital, adaptando a la Sociedad de la Información la relación con el ciudadano, con otras administraciones públicas y modernizando la operativa del consistorio.



## 3. Escenario de aplicación



## 3.1. Introducción

Para este proyecto se ha planteado un escenario imaginario, fruto del estudio de varios Ayuntamientos de la zona y sus necesidades. El objetivo es recrear la realidad común de la mayoría de los municipios de menos de 50.000 habitantes y los problemas mas extendidos derivados de un incremento de población en los últimos años y un departamento TIC con recursos escasos. Este hecho permite que la solución sea trasladable a la mayoría de consistorios de características similares. Se han fijado ciertos elementos explícitos para trabajar sobre un entorno específico.

En primer lugar la situación geográfica del consistorio se caracteriza por un edificio central y diversos emplazamientos por todo el municipio que se identifican como equipamientos municipales, entre los que se encuentran; una sala cultural, un teatro, un gimnasio y una biblioteca. Cabe destacar que tanto el gimnasio como la biblioteca se encuentran en el mismo edificio de la sala cultural.

A continuación y siguiendo la estructura que se ha planteado para el diseño, se presenta el escenario de partida dividiéndolo en cuatro bloques temáticos; Servicios y aplicaciones, equipamiento, red de comunicaciones e infraestructura.

## 3.2. Servicios y aplicaciones

### 3.2.1. Servicios Básicos

Se ha definido como servicios básicos, aquellos que resultan imprescindibles para el funcionamiento de cualquier sistema TIC y que están presentes en mayor o menor medida en todas las estructuras de red corporativa. A continuación se enumeran y describen brevemente.

#### Servicio de directorio

Servicio orientado a almacenar toda la información referente a usuarios y recursos compartidos de la red. Además este servicio proporciona la base del domino corporativo.

Como escenario de partida se ha especificado un servicio de directorio basado en AD (Active Directory) de Microsoft en su versión para servidores Windows 2003. Este tipo

de directorio está construido sobre el estándar de LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), o traducido al castellano Protocolo Ligero de Acceso a Directorios.

## Servicio DNS

Servicio de resolución de nombres de Dominio (Domain Name System). Este servicio es el encargado, como su propio nombre indica, de resolver los nombres de dominio, es decir, traduce nombres en direcciones IP. Si bien su ámbito de acción está destinado a la red de área local, las peticiones de resolución externas, se redirigen a servicios DNS externos. Es un elemento básico para la navegación en Internet.

Para el escenario de partida se ha establecido el servicio DNS basado en Windows 2003 ya que viene integrado en AD de Microsoft.

## Servicio DHCP

Este servicio está destinado a servir la configuración de red de los equipos conectados a la LAN. Entre los parámetros más utilizados encontramos:

- Dirección IP
- Mascara de subred
- Puerta de enlace
- Servidores DNS

Este servicio al igual que AD y DNS se ha elegido de la plataforma Windows 2003 ya que es uno de los más extendidos gracias a su integración, fácil configuración y gestión.

## Servicio de almacenamiento

Este servicio es el encargado de almacenar y distribuir todo tipo de ficheros en la red corporativa. A su vez asegura la integridad de los datos y su disponibilidad en todo momento.

### Servicio de acceso a redes públicas

Este servicio asegura el acceso a los usuarios a redes públicas como Internet. Asegura el enrutamiento y transporte de datos en ambas direcciones. Se caracteriza por una configuración basada en un router y un Proxy que filtra las comunicaciones, tanto entrantes como salientes.

### 3.2.2. Servicios específicos

A continuación se describe los servicios específicos presentes de forma común en un consistorio con las características antes comentadas.

#### Servicio de correo electrónico

Servicio corporativo de correo electrónico basado en Microsoft Exchange. Además de prestar servicio de correo corporativo permite compartir agenda, tareas y contactos por parte de todo el consistorio. Este tipo de servicio se caracteriza por ser administrado por las diputaciones de las que dependen los consistorios.

#### Servicio de telefonía

Servicio de voz basado en telefonía clásica. En el edificio central cada usuario dispone de un terminal (analógico o digital) y un número interno asignado o extensión de tres cifras. Algunos de estas extensiones tienen la capacidad de acceso directo desde el exterior. La plataforma está definida por una conexión externa basada en RDSI, una centralita que gestiona todo el tránsito de voz externo e interno y una serie de terminales conectados a la centralita. El número de llamadas externas simultáneas viene impuesto por el número de canales contratados.

Las ubicaciones remotas se caracterizan por ser líneas independientes con numeración pública basada en una conexión RTC contratada con el operador.

Las llamadas entre ubicaciones remotas se tarifican según las tarifas vigentes en el mercado, no existen ningún plan de tarificación especial.

#### Servicio de Bases de Datos

Servicio destinado a proveer y mantener una Base de Datos corporativa en la que se almacenan los datos provenientes de las aplicaciones de gestión del Ayuntamiento.

Esta base de datos utiliza el Standard SQL y esta construida sobre la solución de Microsoft SQL Server 2003.

### Servicio de copia de seguridad

Este servicio asegura la integridad de todos los datos críticos del consistorio, realizando una copia en soporte magnético (cinta). En caso de desastre (perdida de datos), este sistema puede recuperar estos datos. No existe una política estipulada (las copias se realizan aleatoriamente).

### 3.2.3. Aplicativos Corporativos

Para la gestión y el servicio corporativo, el consistorio dispone de una serie de aplicativos, estos se pueden dividir en dos grandes grupos; gestión del consistorio y técnicos.

#### Aplicativos de Gestión

Estos aplicativos están orientados a gestionar, interpretar y almacenar los datos introducidos por los usuarios internos del consistorio. Como ejemplo se puede citar:

- Padrón
- Tesorería
- Registro
- Contabilidad
- Licencias

Se caracterizan por ser muy específicos y estar adaptados a la operativa particular de cada ayuntamiento. Utilizan como almacén de datos el servicio de BBDD antes citado.

#### Aplicativos técnicos

Estos aplicativos están destinados a las áreas técnicas del Ayuntamiento como Obras o vía pública entre otros. Utilizan en algunos casos el servicio de BBDD para almacenar toda la información referente al estado del consistorio (cartografía, infraestructuras públicas...).



### 3.3. Equipamiento

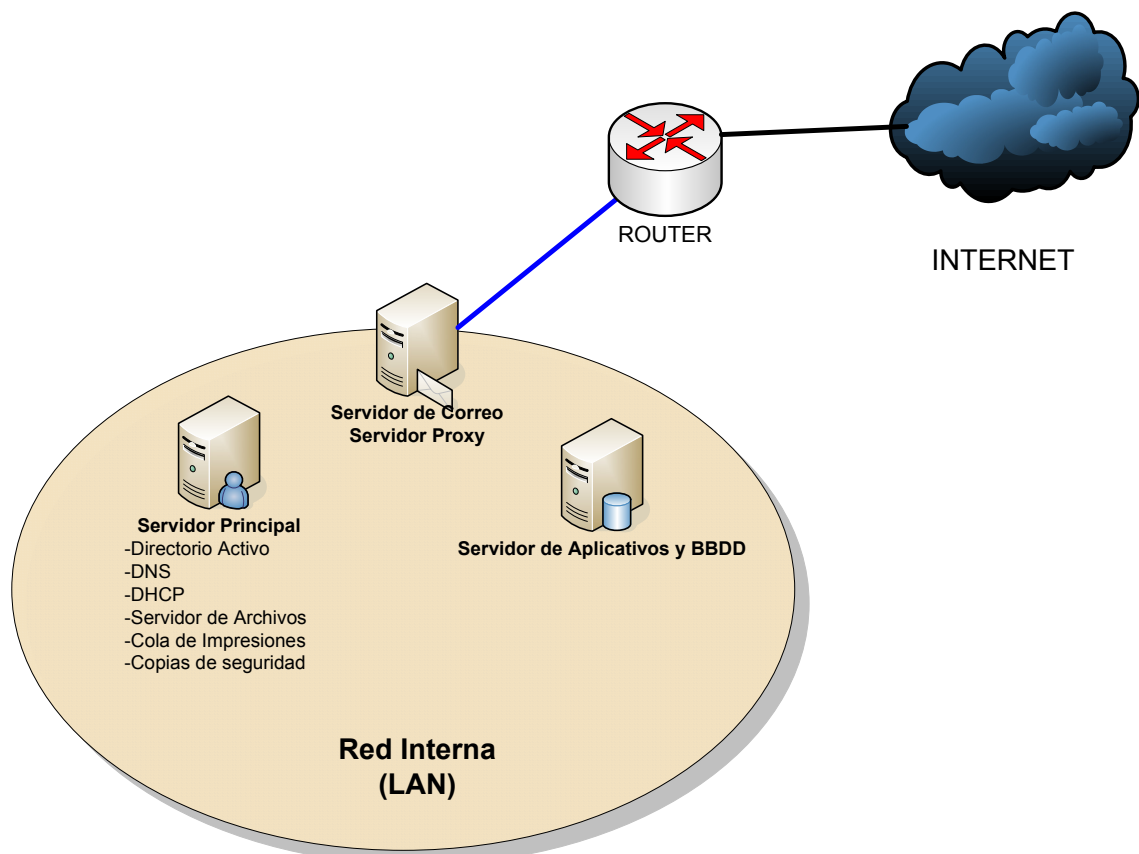
En este apartado se enumeran y describen los equipos que dan soporte a los servicios presentados anteriormente y su configuración dentro del escenario de partida. Este apartado se ha dividido en dos áreas bien diferenciadas: la infraestructura de servidores y subsistema de telefonía.

#### 3.3.1. Infraestructura de servidores

El escenario de partida se caracteriza por los siguientes ítems:

- Concentración de los servicios y aplicativos en un número reducido de servidores.
- Los servidores son heterogéneos y operan cerca del límite de su capacidad.
- No hay una política establecida en la distribución de servicios y aplicaciones.
- No existe duplicidad en los servicios básicos.
- La plataforma no está diseñada para una alta disponibilidad.
- No cuentan con una ubicación adecuada (sala especializada o CPD).

A continuación se muestra un gráfico donde se observa la estructura.



Como se puede observar la estructura carece de una estrategia coherente, fruto de un crecimiento desordenado. Los servicios se distribuyen en función de la carga de trabajo y espacio de los equipos y no según la compatibilidad y rendimiento de los aplicativos y servicios. En caso de caída de uno de los servidores la operativa del consistorio queda paralizada completamente hasta poderse recuperar de nuevo el servicio ya que estos no están duplicados y/o carecen de un sistema de alta disponibilidad.

A su vez la ubicación de estos equipos es abierta, no existe una sala dedicada (CPD) y este hecho implica una serie de puntos débiles:

- La seguridad queda comprometida, no se puede garantizar el acceso restringido.
- La aclimatación de los equipos no es constante, reduciendo su fiabilidad y aumentando su consumo.
- No se dispone de un armario o Rack para proteger los equipos de la suciedad ambiental, esto hecho impacta en la ventilación y refrigeración de los mismos.
- No existe ningún método automatizado para la extinción de incendios.

A continuación se presenta una tabla con las especificaciones más significativas de los equipos.

Elemento	Descripción
<b>Servidor Principal</b>	
CPU	2 Procesadores Xeon 3Ghz HT
Memoria RAM	2 GB
Discos	5 Discos SCSI 15K 72 GB Hot Plug
Configuración RAID	2 Discos en RAID 0+1 (espejo) Sistema 3 Discos en RAID 5 (Paridad) Datos
Capacidades	72 GB Sistema, 140 GB Datos
Unidad de Backup	DAT 72 GB (Compresión nativa 31GB)
Sistema Operativo	Microsoft Windows 2003 Server STD
<b>Servidor de Aplicaciones y BBDD</b>	
CPU	1 Procesador Pentium III 1Ghz
Memoria RAM	512 MB
Discos	2 Discos SCSI 10K 72GB
Configuración RAID	RAID 0+1 (espejo)
Capacidades	72 GB Sistema y Datos
Unidad de Backup	N/D
Sistema Operativo	Microsoft Windows 2000 Server STD
<b>Servidor de correo (Diputación)</b>	
CPU	1 Procesadores Xeon 3Ghz HT
Memoria RAM	2 GB
Discos	2 Discos SCSI 15K 72 GB Hot Plug
Configuración RAID	RAID 0+1 (espejo)
Capacidades	72 GB Sistema y Datos
Unidad de Backup	DAT 72 GB (Compresión nativa 31GB)
Sistema Operativo	Microsoft Windows 2003 Server STD

### 3.3.2. Subsistema de telefonía

Sistema basado en centralita propietaria del tipo PABX. Conectada a la red pública con enlaces RDSI. Cuenta con extensiones analógicas para cada usuario con una numeración de tres cifras. Dispone de una extensión digital especializada llamada operadora, que gestiona todas las llamadas entrantes y las distribuye a las extensiones que corresponden, esta operación es manual y realizada por una persona dedicada.

La configuración de la centralita dispone de las siguientes características:

- Hasta 8 canales RDSI (4 líneas) de los cuales se utilizan 6 canales.
- Hasta 32 extensiones analógicas, de las cuales se utilizan 25.
- 1 modulo de llamadas a móviles (track).
- 1 modulo de operadora automática (1 subnivel).
- 1 modulo de contestador automático.
- 1 Batería con una autonomía de 2 horas.

Este sistema solo está presente en el edificio central. Los edificios remotos cuentan con líneas independientes RTC de tipo público con numeración ordinaria. El tráfico de voz entre los diferentes equipamientos municipales tiene el coste según tarifas normales, es decir no hay ningún plan de ahorro en comunicaciones corporativas.

Como se puede observar la dimensión está cerca de la saturación y las especificaciones de la centralita no permiten más ampliaciones.

### 3.3.3. Red de comunicaciones

En este apartado se describen los elementos que dan servicio de la red corporativa. A su vez se hace un análisis breve de su configuración. Se ha dividido en dos grandes grupos; Estructura lógica y equipamiento de red.

#### Estructura lógica de la red corporativa.

##### Edificio Central

En la estructura encontramos diferentes zonas que se describen a continuación:

##### Zona interna o (LAN)

Estructura caracterizada por una configuración basada en FastEthernet con una velocidad de acceso teórica de 100 Mbps. No está segmentada y cuenta con un direccionamiento privado de clase C, concretamente del tipo 192.168.0.X/24. Cuenta con una puerta de enlace basada en un servidor Proxy (Servidor de correo).

##### Zona DMZ

Zona desmilitarizada, franqueada por la puerta de enlace de la LAN y un router ADSL que da conectividad externa. También está basada en FastEthernet con un ancho de banda de 100 Mbps. Su direccionamiento es de tipo privado y clase A (10.0.0.X/24).

##### Zona WAN

Zona externa conectada con la red de Diputación de Barcelona (en este caso). A través de esta conexión existe una salida a Internet gestionada por DIBA.

## Local Cultural

En esta ubicación se dispone de una red de área local para dar cobertura a una sala de formación con equipos de sobremesa y los distintos despachos de los técnicos encargados de esta área. Los demás emplazamientos contiguos no disponen de ningún tipo de infraestructura de red. Dispone de dos zonas;

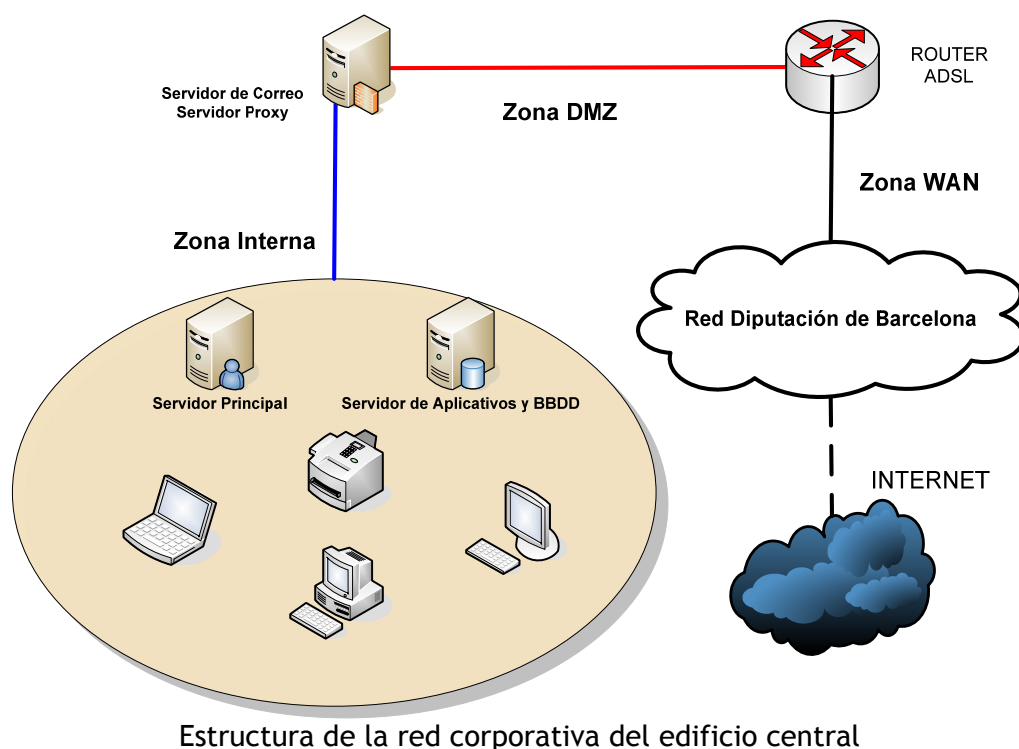
### Zona interna o (LAN)

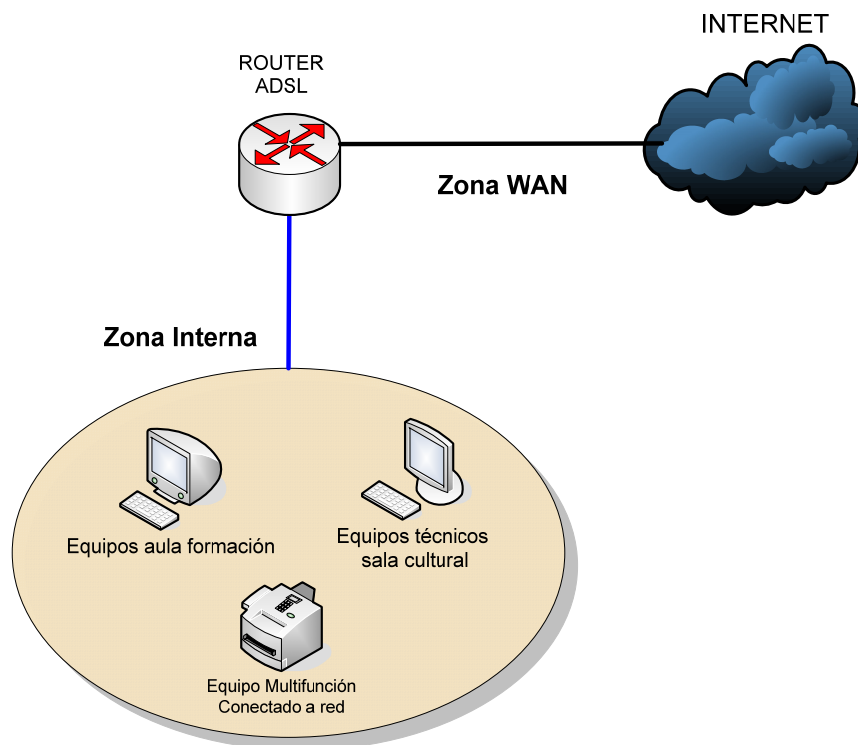
Al igual que en el edificio central se caracteriza por ser una red basada en FastEthernet con una velocidad de acceso de 100Mbps y no tiene ningún tipo de segmentación. Como puerta de enlace dispone de un router ADSL que da acceso a todos los equipos a Internet a través del ISP (Proveedor de servicios de Internet). Tiene un direccionamiento privado de clase C del tipo 192.168.1.X/24.

### Zona WAN

Esta zona esta delimitada por el Router ADSL y está conectada directamente al ISP. Su direccionamiento es público y dinámico (no tiene dirección estática). Su ancho de banda asimétrico es de 3 Mbps en el canal de bajada y 300 Kbps en el canal de subida (solo se asegura por parte del proveedor un 10% de este caudal).

A continuación se muestra un gráfico de ambos escenarios.





Estructura de la red corporativa del local cultural

En los restantes emplazamientos no existe ningún tipo de estructura de red.

### 3.3.4. Equipamiento de red

El equipamiento de red se define como los dispositivos electrónicos que soportan la estructura lógica de comunicaciones y dan servicio de red a todos los equipamientos (PC usuarios, Servidores, impresoras,...).

#### Edificio central

Este emplazamiento dispone del siguiente equipamiento:

- 2 conmutadores de nivel 2
- 1 Router ADSL

### Conmutadores

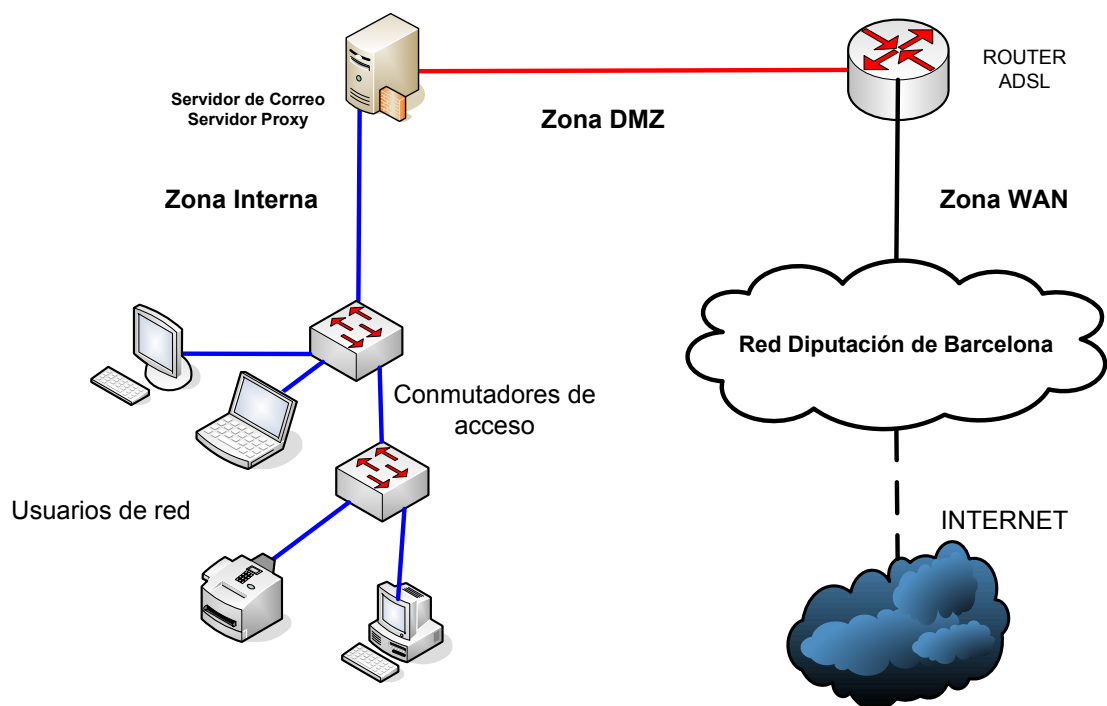
Dispositivos no gestionables de nivel 2 con 24 puertos fastEthernet de 100 Mbps de velocidad por puerto. Enlazados en cascada y a su vez conectados con el servidor Proxy.

Estos dispositivos no tienen implementado el protocolo 802.1Q por lo tanto no pueden implementar ni gestionar tráfico etiquetado (tagged).

### Router ADSL

Dispositivo de nivel 3 gestionable encargado de enrutar el tráfico hacia la red de DIBA. Está conectado al servidor Proxy en la interface interna y la WAN en su interface externa.

A continuación se muestra un gráfico que ilustra la estructura.



Estructura de conectividad en el edificio central.

## Local Cultural

La estructura hallada en este emplazamiento es similar a la encontrada en el edificio central:

- 1 Conmutador de nivel 2
- 1 Router ADSL

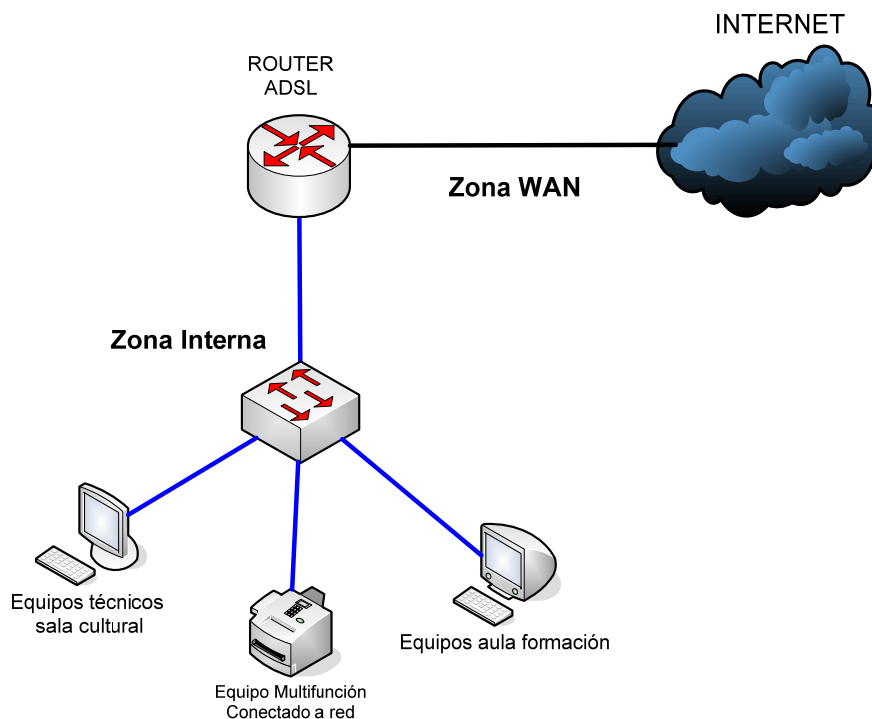
### Conmutador

Equipo de nivel 2, no gestionable. No implementa el protocolo 802.1Q. Dispone de 24 puertos FastEthernet de 100Mbps. Está conectado directamente al Router ADSL y da servicio a los equipos del aula de formación y a los despachos de los técnicos municipales.

### Router

Dispositivo de nivel 3 gestionable. Dispone de dos interfaces, una interna (LAN) conectada al conmutador y una externa (WAN) conectada con la infraestructura pública del operador. Este equipo es el encargado de enrutar todo el tráfico hacia Internet.

A continuación se muestra un gráfico que ilustra la estructura.



Estructura de conectividad en la sala cultural.



## 3.4. Infraestructura

Se ha definido para este proyecto el concepto de infraestructura como el sistema cableado que da servicio de conectividad física a todos los dispositivos de comunicaciones, tanto de datos como de voz. A continuación se describe los elementos más importantes.

### 3.4.1. Infraestructura de LAN (estructurado)

Se dispone de cableado estructurado únicamente en dos emplazamientos; edificio central y local cultural.

Esta infraestructura se caracteriza por un conjunto de elementos comunes:

- Panel de conexionado.
- Cableado estructurado.
- Toma de usuario.

Panel de conexionado

Sistema de conectores RJ45 hembra, panelizados y conectados mediante latiguillo a los diferentes puertos de los conmutadores de acceso y a su vez a las diferentes tomas de usuario mediante cableado estructurado FTP de categoría 5e (Cat 5 mejorada).

Cableado estructurado.

Infraestructura de cable basado en par trenzado (cuatro pares) de tipo FTP y que cumple (certificada) la normativa de categoría 5e.

Tomas de usuario.

Toma basada en conector hembra del tipo RJ45 y Cat 5e.

Este sistema es el mismo para las ubicaciones del edificio central y la sala cultural. Los demás emplazamientos no disponen de ningún tipo de infraestructura.



## 4. Estado del arte



## 4.1. Introducción

La industria de las TIC está en constante evolución, cada día surgen nuevos productos y nuevas tecnologías que permiten más prestaciones, características y nuevas formas de asumir los retos de una sociedad de la información plenamente desarrollada. Este desarrollo vertiginoso es en gran medida gracias al impulso de esta sociedad que invierte cada vez más en la tecnología TIC, generando más I+D y una provechosa competitividad.

En este apartado nos centraremos en cuatro vectores esenciales en los sistemas TIC actuales; Virtualización, infraestructura de servidores, telefonía y conectividad que han servido como base para la elaboración de este proyecto.

## 4.2. Virtualización

### 4.2.1. Introducción

La virtualización como concepto no es nuevo, si no que data de los años 60 alrededor de los sistemas de paginación de IBM M44/44X y los principios de las CP-40 que fueron los precursores del término *maquina virtual*. Si bien se desarrollaron ideas en este sentido durante los años siguientes, se acabo por desechar esta tecnología hasta hace pocos años que gracias a las plataformas x86 se consiguió revolucionar la tecnología hasta lo que es ahora, una solución real para cualquier tipo de empresa o institución.

### 4.2.2. Tecnología

La base de esta tecnología es la abstracción del hardware y la simulación de este por software. Con lo que se consigue que una máquina física pase a ser un conjunto de recursos que pueden compartir varias máquinas virtuales sin interferirse entre ellas (procesador, memoria, almacenamiento,...)

Conscientes de estas ventajas y observando la tendencia del mercado en este sentido, los fabricantes de hardware han apostado por diseñar sus productos con nuevas extensiones que mejoran las prestaciones de plataformas virtualizadas. Este

es el caso de Intel con las VT y las AMD-V de AMD, que han integrado instrucciones de virtualización en sus procesadores de última generación.

### 4.2.3. Beneficios

Entre los muchos beneficios con los que cuentan la tecnología de virtualización se puede destacar los siguientes:

- Ahorro de energía.
- Mayor agilidad y rápida respuesta a las necesidades de los sistemas TIC
- Alta disponibilidad.
- Mayor seguridad y fiabilidad de los servidores virtuales frente a los físicos.
- Independencia de los sistemas físicos y sus ubicaciones.
- Movilidad de equipos virtuales.
- Reducción de costes de inversión en hardware.

### 4.2.4. Panorama actual

Esta tecnología va asociada a soluciones de software que permiten construir plataformas de virtualización, especialmente en el ámbito de los servidores. Actualmente existen una variedad de soluciones en el mercado orientadas a casi todo tipo de equipamiento, modelo de negocio o infraestructura. A continuación se destacan las más importantes.

#### Hyper-V

Solución de la empresa Microsoft evolución de Virtual Server (Windows 2003 Server), integrada en Windows Server 2008. Permite ejecutar máquinas virtuales sobre una máquina física y el balanceo entre sistemas físicos en “caliente”. Es una solución nueva pero que no ha penetrado en el mercado como otras soluciones más extendidas debido a sus escasas prestaciones y pocos recursos.

#### KVM (Kernel-Based Virtual Machine)

Sistema basado en QEMU y orientado a plataformas Linux. Está incluido en el núcleo de todos los sistemas Linux y este aspecto le confiere una agilidad y funcionalidad notable. Actualmente no interacciona con las instrucciones de los todos los

procesadores, sin embargo es una solución muy interesante en entornos de servidores Linux. Se está trabajando en sistemas que permitan de manera automática balancear cargas de trabajo e incluso servidores virtuales, como otros productos del mercado.

#### XEN

Solución nacida en el entorno universitario concretamente en la Universidad de Cambridge. Es una de las soluciones más competitivas del mercado, igualando a fabricantes como VMware en prestaciones. Utiliza la tecnología de la paravirtualización, esta tecnología consiste en crear unas API's que interacciona con el hardware y el sistema operativo virtualizado a modo de puente. Sin embargo la penetración en el mercado es notablemente inferior ya que requiere de una formación muy especializada y está orientado a grandes departamentos y sistemas TIC. Recientemente ha sido adquirida por Citrix.

#### VMware

Es la solución más extendida en el mercado y cuenta con muchos años de experiencia en el sector que avalan la calidad del producto, muchas consultoras especializadas sitúan a este fabricante como el impulsor de la tecnología de virtualización contemporánea. Dispone de herramientas muy potentes y con una interface fácil de utilizar especialmente indicado en entornos poco especializados. Dispone de un gran repertorio de recursos en Internet, desde información, foros y paginas especializadas, hasta imágenes de servidores pre configurados (Linux) que se pueden descargar y empezar a utilizar únicamente personalizándolos. Está orientado a cualquier plataforma de servidores e incluso equipos de usuario.

### 4.3. Infraestructura de servidores

#### Introducción

La progresión en estos últimos años en el ámbito de los servidores ha sido espectacular. La tendencia hace unos años, paralelamente a los equipos de uso domésticos, era la creciente velocidad de sus procesadores y la capacidad de su almacenamiento. Posteriormente llegó la tecnología de duplicación de CPU y la posibilidad de cambiar componentes en caliente. Actualmente la tendencia se establece en tres puntos básicos; sistemas de procesamiento de 64 bits, incremento de núcleos y nuevos formatos, como los sistemas Blade que cambian la filosofía de estos equipos extrayendo todos los elementos posibles hacia conjuntos de

componentes que dan servicio a una baterías de servidores. Esta tipo de filosofía es el que se ha utilizado para este proyecto por sus múltiples beneficios y prestaciones.

#### 4.3.1. Tecnología

Los sistemas Blade se definen como cabinas de servidores que disponen de elementos comunes y redundantes mejorando los rendimientos, la escalabilidad y la alta disponibilidad.

Los servidores pasan a ser *tarjetas de expansión* de un sistema global de computación y servicios, incrementando el nivel de procesado y memoria de sistema.

En estos sistemas se han extraído los elementos sensibles a fallos o que pueden ser utilizados por más de un servidor como fuentes de alimentación, sistemas de refrigeración y almacenamiento que ahora, son parte de los chasis o de sistemas periféricos. Este hecho hace que los servidores sean más sencillos, más robustos y a la vez más económicos con lo que el crecimiento es más eficaz y coherente con las necesidades.

En el ámbito del almacenamiento este hecho ha desencadenado una apuesta clara por las redes de almacenamiento también llamadas SAN (Storage Area Network) que hasta hace pocos años eran elementos de un coste muy elevado y reservados a proveedores de servicios y grandes empresas y que ahora los fabricantes ven en las pymes un nicho comercial preferente gracias al ahorro de las soluciones en esta materia.

#### 4.3.2. Beneficios

Los beneficios son muy diversos, a continuación se citan los más destacados.

- Sistemas más robustos y fiables
- Alta disponibilidad (elementos redundantes)
- Servidores más económicos y potentes
- Ahorro de energía
- Sistemas más escalables y ágiles
- Administración centralizada
- Menor coste de mantenimiento
- Menor espacio de implementación



### 4.3.3. Panorama actual

Casi todos los fabricantes han apostado por esta tecnología, con pocas variaciones entre ellos. A continuación se presentan cuatro de las soluciones más representativas del mercado.

#### IBM

Este fabricante de enorme tradición y experiencia en servidores y equipos PC cuenta con una línea de sistemas Blade llamada BladeCenters, cabinas de servidores para diferentes modelos de negocio. Dispone de sistemas basados tanto en plataformas x86 como en procesadores POWER de 64-bits.

Incorpora como hecho innovador los primeros discos de estado sólido en este segmento, que mejoran el rendimiento y ahorro de energía. Estos discos están orientados únicamente como parte del sistema de los servidores Blade. En la documentación que acompaña este proyecto se puede hallar un completo dossier de las soluciones de IBM en este ámbito.

En general es una excelente solución aunque su coste es algo más elevado que el resto de los fabricantes del mismo segmento y su penetración en el mercado español es poco pronunciado.

#### SUN Microsystems

Fabricante de gran tradición en el entorno de servidores para grandes corporaciones y universidades. Sus productos se caracterizan por una fiabilidad y potencia de cálculo extrema. Su tecnología se basa en las plataformas SPARC sin embargo se ha abierto a tecnologías x86 estos últimos años para abarcar sectores menos especializados con precios mas competitivos.

Su oferta en sistemas Blade abarca plataformas SPARC, Intel o AMD y su capacidad de computación se desmarca de la competencia con procesadores de hasta 8 núcleos. Esto supone soluciones orientadas a sistemas de gran procesado y alta densidad.

#### DELL

Fabricante con la mejor relación calidad/precio que se ha posicionado como uno de los integradores de hardware de venta exclusiva por Internet. Este hecho hace que sus costes se reduzcan drásticamente y aporte soluciones muy competitivas.

En el ámbito de los sistemas Blade dispone de soluciones muy competitivas y de altas prestaciones sin costes de implantación elevados.

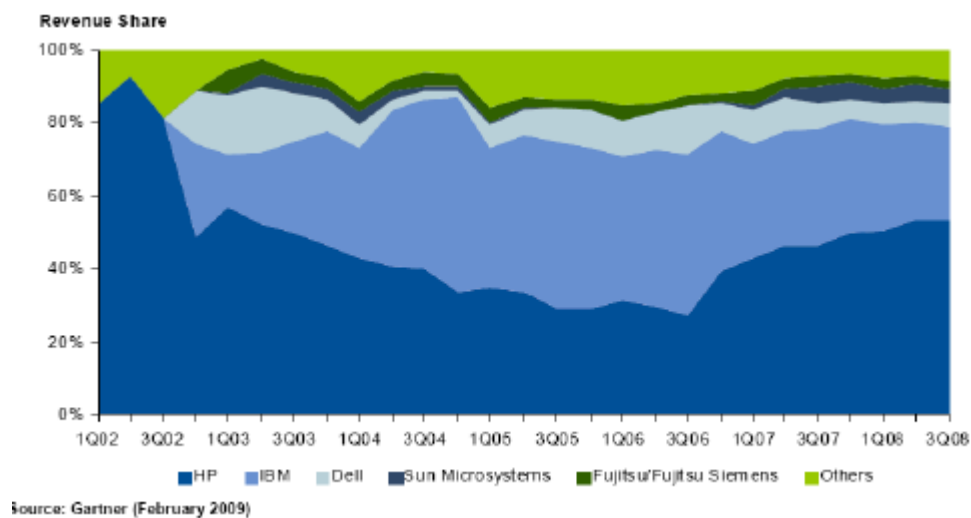
Su línea de servidores Blade PowerEdge M1000e entre otras características sobresalen por sus prestaciones de ahorro de energía y fácil administración.

Este tipo de soluciones son especialmente orientadas a PYMES y entornos de inicio en sistemas de densidad de computación.

#### Hewlett Packard

Este fabricante es uno de los referentes en empresas de mediana capacidad. Disponen de sistemas de gran fiabilidad y robustez, sobresaliendo en un servicio posventa de gran calidad.

En sistemas Blade es una de las empresas referente con la mayor cuota de mercado actualmente como se puede observar en el siguiente gráfico realizado para la consultora Garner.



Dispone de dos líneas básicas de productos Blade, los sistemas Proliant y los Integrity con plataformas x86 y Itanium respectivamente.

Esta es una de las soluciones más fiables y robustas del mercado y están destinadas a CPD de alta disponibilidad con inversiones contenidas y un servicio de mantenimiento ágil y de valor añadido.

## 4.4. Telefonía

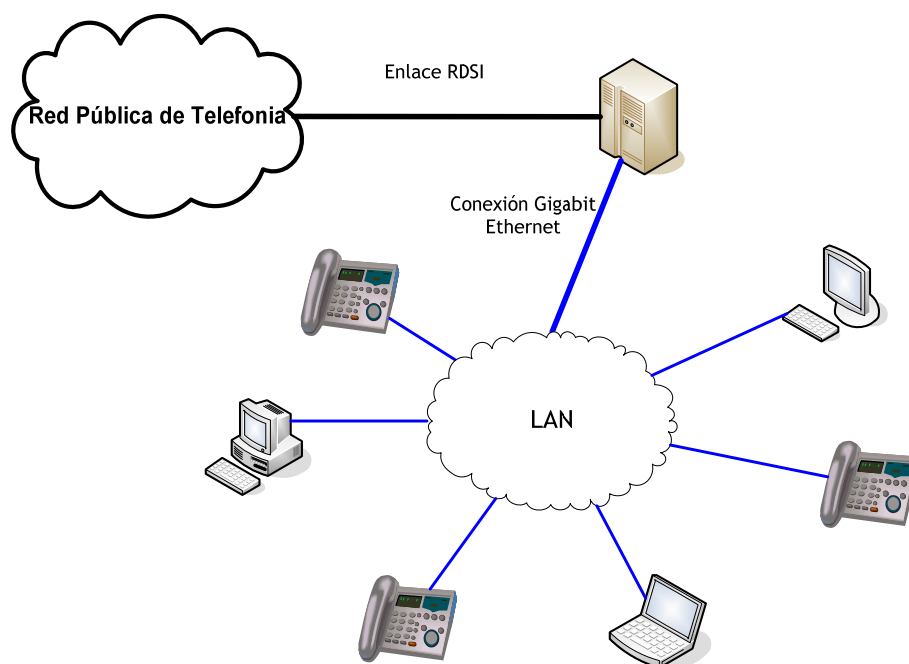
El ámbito de la telefonía es un sector estratégico en las TIC. Si nos centramos en un entorno municipal es una parte crucial de la operativa de estos, por lo que el diseño de una plataforma de telefonía coherente es fundamental.

La telefonía fija es uno de los elementos que ha evolucionado muy lentamente respecto a otros sistemas TIC como por ejemplo los equipos informáticos y servidores. Sin embargo en los últimos años el concepto de telefonía tal como lo conocíamos ha cambiado radicalmente y los sistemas tradicionales de centralitas digitales comparten mercado con soluciones basadas en tecnología IP. Es la llamada era de la convergencia de voz y datos.

La telefonía IP o VoIP es un concepto revolucionario que en esencia se caracteriza por convertir la voz en datos y utilizar las redes informáticas como medio de transporte.

Por otro lado han proliferado proveedores de telefonía IP a través de Internet que permiten incluso no disponer de una centralita propia, únicamente un teléfono IP y una conexión contra Internet, acompañado de unas tarifas más económicas, sobre todo en llamadas internacionales.

Este proyecto se ha centrado en una de las estructuras más utilizadas actualmente en PYMES y administraciones locales, una infraestructura híbrida. Esta infraestructura se caracteriza por utilizar una centralita de VoIP y sus correspondientes terminales interconectados mediante la red de área local y una serie de enlaces analógicos o RDSI para acceder a las comunicaciones externas. Esta es una de las estructuras más robustas ya que utiliza lo mejor de ambos mundos; las funcionalidades del mundo IP dentro de una red controlado propiamente y la fiabilidad de la tecnología RDSI de los operadores de telefonía. A continuación se presenta un gráfico descriptivo.



Sistema híbrido de VoIP

#### 4.4.1. Tecnología

La tecnología de la VoIP se basa en dos elementos fundamentales el protocolo de comunicación y el tipo de codificación (o Codec) utilizada para convertir la señal analógica en datos IP.

##### Protocolos

Los protocolos utilizados pueden ser propietarios o estándar. En el ámbito de los protocolos estándares los más utilizados actualmente son el H323 y el SIP. Sin embargo la tendencia en esta materia es claramente hacia este último que se considera el estándar de futuro.

SIP abreviatura de Session Initiation Protocol, es un protocolo basado en conceptos extraídos de otros protocolos como el http y el SMTP. Está orientado a sesiones multimedia interactivas (mensajes, voz, video conferencia,...).

A su vez utiliza dos protocolos uno para señalización y descripción del tipo de sesión (texto, voz o video) el SDP o Session Description Protocol y otro para el transporte de la información, el RTP o Real-time Transport Protocol.

Para soportar toda esta estructura se utiliza un elemento central que gestiona la señalización (SDP) y una vez establecida la comunicación entre ambos usuarios, el tráfico únicamente es extremo a extremo (RTP).

### Codecs

Los codecs son los estándares que codifican la señal, existen numerosos de ellos, pero el más utilizado es el ITU G 711. Sus características principales son:

- Sistema basado en la codificación PCM (uno de los mas utilizados por sistemas TIC)
- Tasa de transferencia (Bit Rate) 64Kbps
- Tasa de muestreo (Sampling Rate) 8Khz
- Sistema de muestreo logarítmico A-law (Sistema europeo basado en el estándar E1)
- Un MOS (Mean Opinion Score) de 4,5. Este tipo de valoración subjetivo mide la calidad de la comunicación. Su escala va de 1 (mala calidad) hasta 5 (calidad excelente).

### 4.4.2. Beneficios

Los beneficios son muy diversos, a continuación se detallan los más interesantes:

- Convergencia de voz y datos en una misma infraestructura
- Un único puesto de trabajo por punto de red
- Ahorro en infraestructura de cableado.
- Multitud de servicios interactivos
- Coste “0” en llamadas dentro de la red corporativa
- Posibilidad de sistemas SoftPhone para utilizar PC’s y PDA como terminales.
- Teletrabajo.
- Estándar de futuro en la comunicación de voz y multimedia.

#### 4.4.3. Panorama actual

El panorama actual se articula en dos grandes tipos de soluciones; las propietarias y las OPEN SOURCE. Esta última es por ejemplo la que ha elegido la Universidad Politècnica de Catalunya para desarrollar su sistema global de comunicación unificada, basada en la plataforma Asterisk.

Sin embargo este tipo de soluciones basadas en sistemas Linux requieren de una administración específica. Por lo que las soluciones propietarias son una mejor apuesta en entornos municipales que cuentan con un departamento TIC reducido y poco formado. Entre los fabricantes más destacados podemos encontrar:

##### ALCATEL

Este fabricante dispone de una plataforma llamada OXO que integra todas las funcionalidades de una centralita convencional y la potencia de un Switch en el área de infraestructura de red, bajo un entorno de software.

##### ERICSSON

Este fabricante con la serie Bussines Phone a apostado por remodelar sus equipos convencionales y convertirlos en plataformas IP puramente hardware lo que proporciona una robustez excepcional frente a otras soluciones similares basadas en software.

##### SIEMENS

Fabricante de gran tradición en sistemas de telefonía dispone de la serie HiPatch 3800 como una de las plataformas IP más robustas y fiables del mercado, incorporando todas las funcionalidades de sus protocolos propietarios y los estándares H323 y SIP. Esta ha sido la plataforma seleccionada como base para desarrollar este proyecto.

#### 4.5. Conectividad

En una era tecnológica donde todos los sistemas TIC se orientan hacia la llamada convergencia IP, la conectividad supone un ámbito crucial para cualquier empresa, administración o corporación porque es la base de las comunicaciones y el sustrato que soporta todo el tráfico de información.

El concepto de conectividad abarca muchos ítems, siendo los sistemas de conmutación y enrutamientos los más destacados en el ámbito de este proyecto.

La evolución de estos sistemas ha ido creciendo gracias a las demandas de los dispositivos a los que daban servicio y se ha pasado de elementos que simplemente transportaban información de manera automática, a sistemas complejos que son capaces de gestionar, procesar y actuar en función de las necesidades dinámicas de la red.

#### 4.5.1. Tecnología

La tecnología actual de equipos de conmutación se caracteriza por una gran capacidad de cálculo y procesamiento de información y multitud de protocolos y funcionalidades basadas en las necesidades de los actuales sistemas y aplicativos a los que dan un servicio de conectividad.

Un ejemplo claro son la serie de protocolos e instrucciones orientadas a facilitar la integración de sistemas de VoIP o la implementación de funcionalidades orientadas a la seguridad y la conectividad a través de VPN entre otras.

Otro aspecto a destacar es la modularidad que permiten que los equipos se adapten a nuevas formas de conectividad y a su vez dispongan de una escalabilidad extraordinaria.

La tendencia actual pasa por sistemas Gigabit Ethernet o 10Gigabit Ethernet o tecnología PoE para los nuevos dispositivos de red entre otras muchas más prestaciones.

#### 4.5.2. Beneficios

Los beneficios de estos sistemas no son tan claros como otros sistemas TIC sin embargo sus prestaciones revierten beneficiosamente en el conjunto de servicios de red. Algunas de estas funcionalidades son las siguientes:

- Incremento de sistemas de seguridad
- Control más “granular” del tráfico
- Balanceo de carga

- Sistemas más inteligentes capaces de responder a situaciones anómalas
- Gestión más ágil y natural
- Monitorización más precisa
- Automatización de tareas.
- Mayor escalabilidad

#### 4.5.3. Panorama Actual

El panorama actual de los equipos de conmutación se caracteriza por una segmentación clara de sistemas orientada a cada tipo de modelo de negocio. En cuanto a los fabricantes existen infinidad de marcas. A continuación se detallan los fabricantes más destacados.

##### Cisco

Es el fabricante de referencia a nivel mundial con una cuota de mercado alrededor del 34,4% de ventas en todo el mundo. Son sistemas fiables, robustos y de altas prestaciones.

Se caracterizan por una alta granularidad en cuanto a su configuración y administración aspecto que requiere de una formación muy especializada. Una de las series más destacadas en conmutadores es la famosa Catalyst que aporta todo un porfolio de soluciones para todos los niveles de negocio.

En el ámbito de equipos de enrutamiento destacan por su fiabilidad y su modularidad, con soluciones para cualquier tipo de necesidad.

Si bien es uno de los mejores equipamientos del mercado, su elevado precio y su alta especialización los hacen estar apartados del gran público.

##### D-Link

Este fabricante basa su fuerza de negocio en los sistemas económicos orientados a la electrónica de consumo, esta es la razón de su posicionamiento en el mercado como competidor directo de Cisco. Su relación calidad/precio es muy aceptable pero no están indicados para entornos profesionales de alto rendimiento.



### Hewlett Packard

Este fabricante con su línea Procurve ocupa un lugar preferente entre los equipos profesionales y de consumo disponiendo de varias gamas de productos. Su calidad está avalada por una marca líder en fiabilidad de sistemas TIC, si bien hay que destacar que no está especializada en fabricación de equipamiento de red profesional. Son una solución muy aconsejable para pequeñas empresas que no tengan necesidades de alta gestión de tráfico.

### Enterasys

Fabricante estadounidense muy especializado en la conmutación y enrutamiento profesional. Son equipos de diseño austero pero que disponen de una fiabilidad y robustez excepcional. Se diferencian de competidores como Cisco por la funcionalidad y la facilidad de administración.

TV3, UOC, UPC son algunos de las instrucciones que integran estos equipos avalando su fiabilidad y prestaciones.

Esta ha sido la solución escogida como base para el desarrollo de este proyecto en el ámbito de la conmutación y enrutamiento a nivel LAN.



## 5. Diseño



## 5.1. Introducción

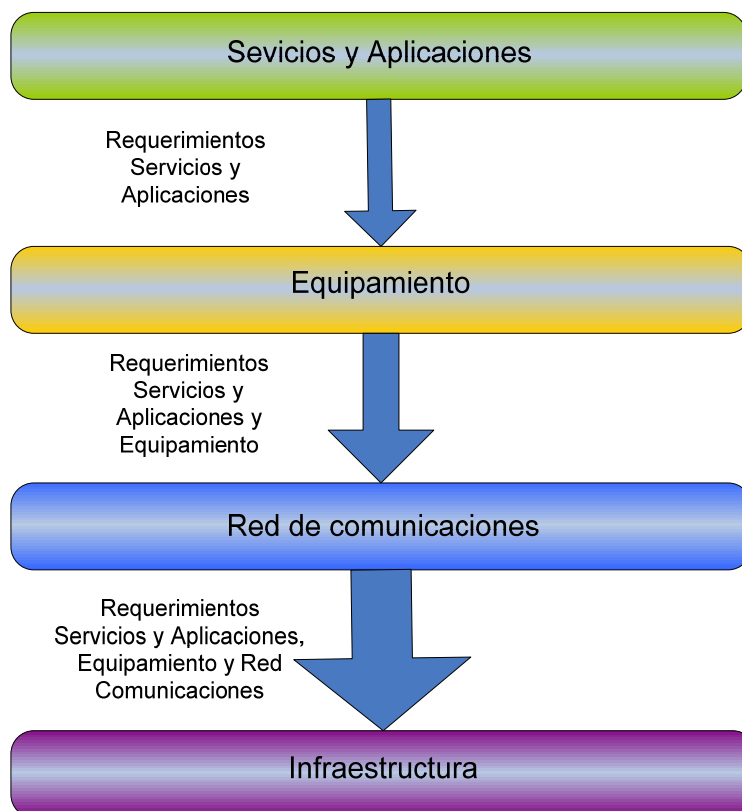
Una vez estudiado el escenario de partida y detectados diversos puntos débiles, se han fijado una serie de requerimientos impuestos por las necesidades actuales de cualquier municipio y que son los siguientes:

- Difusión de los servicios a todos los equipamientos municipales
- Convergencia de las telecomunicaciones municipales
- Creación de una plataforma orientada a la e-Administración
- Alta disponibilidad de los servicios críticos
- Optimización de la administración TIC

Tomando como base el escenario de implementación, los requerimientos funcionales impuestos y el estado del arte en las diferentes áreas temáticas, se ha planteado un diseño coherente que garantiza los objetivos del proyecto.

Este diseño se basa en los servicios como eje principal de la arquitectura TIC de un consistorio. Por esta razón se presentan los servicios necesarios para el correcto desarrollo de las funcionalidades municipales y se remodelan e integran de nuevos, acordes con las líneas de modernización de la administración pública y las nuevas formas de comunicarse con el ciudadano impuestas por la sociedad actual.

A su vez estos servicios imponen una serie de especificaciones que deben cumplir los elementos en capas inferiores de la estructura y así sucesivamente hasta llegar al nivel inferior. Esta metodología de trabajo asegura un diseño fiable y coherente debido a que cada capa impone unas necesidades explícitas al nivel inferior, impidiendo así desajustes dimensionales y asegurando un correcto rendimiento del sistema global. A continuación se presenta un gráfico que ilustra esta metodología.



#### Metodología de diseño

Por todo ello se ha dividido el diseño en cuatro capas o estratos; Servicios y aplicaciones, equipamiento, red de comunicaciones e infraestructura, siendo coherente con una estructura basada en la torre OSI.

## 5.2. Diseño de los servicios y aplicaciones

En este apartado se presenta la arquitectura de servicios y aplicaciones que formaran la base para todos los procesos municipales necesarios y exportables a cualquier consistorio de características similares (número de habitantes y equipamientos). A su vez se incluirán nuevos servicios orientados a satisfacer los requerimientos impuestos por la tendencia hacia la administración pública electrónica y subsanar las deficiencias encontradas en el escenario de partida estudiado para este proyecto.

Como resultado se obtiene la reorganización de los servicios y aplicaciones existentes, el diseño de los nuevos servicios necesarios y el estudio de las especificaciones que impondrán las reglas de diseño de las capas inferiores.

### 5.2.1. Distribución de los servicios y aplicaciones en Unidades de Servicio.

La distribución de los servicios y aplicaciones sigue un criterio basado en la especialización, la compatibilidad, las prestaciones, y se engloba en unidades de servicio (US). Estas US servirán posteriormente para extraer las especificaciones necesarias por el conjunto de servicios y diseñar los equipos que las soporten.

#### US de directorio

Esta unidad de servicio está orientada a englobar servicios básicos de directorio como son los siguientes:

**Servicio de Directorio Activo (AD):** Este servicio permite la estructura de dominio y almacena toda la información referente a usuarios, permisos, recursos y está enlazado con los servicios DNS, DHCP y de impresión. Para este proyecto se utiliza el directorio activo de Microsoft debido a su facilidad de uso, alta penetración en el mercado y coherencia con el entorno de usuarios.

**Servicio DNS:** Este servicio permite la resolución de nombres del dominio y permite enviar peticiones para la resolución de sitios en Internet. Para este proyecto se ha escogido el servicio DNS de AD de Microsoft por la total integración de la solución.

**Servicio DHCP:** Este servicio proporciona dinámicamente toda la información necesaria para configurar automáticamente los parámetros de cualquier equipo para el acceso a la red corporativa. Se ha establecido como solución la proporcionada por la plataforma de Microsoft por su integración y coherencia con los servicios que se han descrito anteriormente.

**Servicio de Impresión:** Este servicio administra las impresoras corporativas incluidas en el directorio y sus colas de impresión.

#### US de Seguridad

Esta unidad de servicio tiene el objetivo de englobar los servicios de seguridad de los equipos de usuario y datos corporativos. Dentro de esta US se engloban los siguientes servicios:

**Servicio de Antivirus corporativo:** Servicio destinado a monitorizar y gestionar los clientes antivirus de todos los equipos de red (actualizaciones, análisis programados, parámetros de seguridad,...). En este caso se utiliza el sistema ya existente basado en

**Servicio actualizaciones de software (Software Update Services):** Este servicio permite tener un repositorio de actualizaciones del software de Microsoft. Sus ventajas principales son:

- Una única descarga del paquete de actualización, frente a las múltiples de un entorno convencional, donde cada equipo ha de descargar el mismo paquete de actualización.
- Monitorización de actualizaciones. Esta característica permite de forma controlada las actualizaciones, pudiendo ser testeadas antes de instalarlas en el usuario final.
- Distribución desatendida: Las actualizaciones críticas aprobadas por los administradores de sistemas, se distribuyen automáticamente a los equipos y servidores de la red de manera desatendida.

Este servicio no existente en el escenario de partida, se incluye como premisa para simplificar la administración TIC.

**Servicio de copia de seguridad:** Este servicio está destinado a proteger la integridad de los datos corporativos mediante copias en soportes magnéticos y gestionados mediante un software especializado. Este servicio debe adaptarse a las necesidades del nuevo entorno.

## US de gestión de datos

Esta unidad de servicio tiene como objetivo gestionar todos los datos generados por los procesos y aplicativos municipales y almacenarlos de manera eficaz y coherente. Esta US cuenta con los siguientes servicios:



**Servicio de BBDD:** Sistema orientado a mantener una BBDD corporativa que de servicio a todos los aplicativos municipales. Su tecnología está basada en el Standard SQL y se ha elegido la versión de SQL Server 2005 de Microsoft.

**Servicio de repositorio de ficheros:** Servicio orientado a gestionar de manera eficiente el conjunto de archivos y ficheros de cualquier tipo permitiendo la disponibilidad para todos los servicios i usuarios de la red municipal.

### US de aplicativos municipales

Esta unidad de servicios está destinada a englobar cualquier aplicativo específico de gestión municipal. El objetivo es mantener la unidad temática y un único punto de gestión, tanto en la seguridad como el mantenimiento. Este es uno de los elementos que pueden ser diferenciales en cada consistorio ya que la elección de los aplicativos de gestión, pueden ser de diversas tecnologías y fabricantes.

Si bien la tendencia de los aplicativos de gestión municipales va encaminado a entornos de plataforma Web gracias a Web Services que interactúan sobre BBDD. Esta tendencia está alineada con las premisas de la e-Administración.

Para este proyecto se ha optado por una US basada en una plataforma de servicios Web. Hay que destacar que esta plataforma, por motivos de seguridad, debe estar separada de los servicios públicos del consistorio es decir esta orientada a servicios de gestión interna, y separados de cualquier servicio prestado al exterior (Internet)

A parte integra los servicios de licencia y el motor de actualizaciones de dichos aplicativos.

### US de Correo

Esta unidad de servicio engloba exclusivamente el sistema de correo electrónico, excluyendo cualquier otra función. Por razones de operativa esta US seguirá siendo administrada por los servicios técnicos de la Diputación.

## US de gestión y monitorización de los sistemas TIC

Esta nueva US está destinada a proveer un servicio de gestión centralizada de la red municipal y a su vez la monitorización de los sistemas TIC del consistorio. Esta US ofrece entre otras las siguientes ventajas:

- Simplificación en la gestión y configuración de todos los elementos implicados.
- Servicio centralizado de supervisión de los sistemas TIC municipales.
- Incremento de la fiabilidad y seguridad de la plataforma TIC.
- Análisis de los parámetros fundamentales para la eficiencia de los servicios y sistemas del consistorio.

### 5.2.2. Otros servicios

En este apartado se presentan otros servicios que por su importancia o infraestructura no pueden integrarse en una US.

#### Servicio de telefonía

Uno de los requerimientos impuestos en este proyecto es la convergencia de las comunicaciones municipales, este hecho unido a la tendencia actual en materia de telefonía, impone un rediseño de este servicio acorde con una plataforma moderna, funcional y que permita un ahorro de costes.

La telefonía IP cumple con estos requisitos, aportando una arquitectura preparada para nuevas funcionalidades impuestas por la tendencia del sector y permitiendo abrirse a los estándares del mercado como es el caso del protocolo SIP.

Entre sus ventajas más significativas se pueden destacar:

- Convergencia de las comunicaciones: No es necesario disponer de una infraestructura diferenciada para voz y datos, ambos sistemas utilizan la LAN impactando directamente en un ahorro de la inversión en infraestructuras.
- Servicios basados en Software: Esta ventaja permite un desarrollo más rápido, económico y potente de los servicios de telefonía, fomentando nuevas funcionalidades.

- Ahorro de costes en llamadas: En arquitecturas privadas de comunicaciones el coste del tráfico de voz entre sedes es nulo debido a que utiliza la red de datos como infraestructura.
- Movilidad: Gracias a soluciones VPN o clientes SoftPhone se puede utilizar esta tecnología en cualquier parte, únicamente disponiendo de una conexión a Internet, mejorando así la productividad y la disponibilidad.
- Integración con los sistemas de Información: Este tipo de plataforma es totalmente integrable con los diferentes sistemas de información más utilizados (correo electrónico, agenda personal, buzón de voz,...).

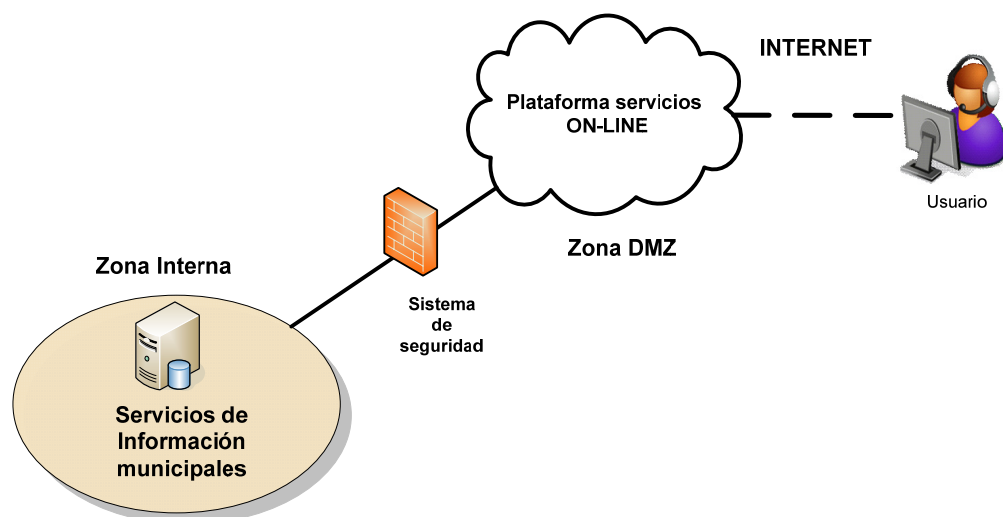
Para este proyecto se ha tomado como especificación la unificación de todas las líneas telefónicas de los diferentes equipamientos municipales y la previsión de un crecimiento de usuarios, fijando el número en aproximadamente unas 60 extensiones.

### Plataforma de servicios ON-LINE

El servicio de acceso a Internet únicamente se ha utilizado para la navegación y el correo electrónico, tomado ahora un papel crucial bajo el objetivo de la e-Administración ya que ha de permitir nuevas plataformas de interacción entre los ciudadanos y los sistemas de información del consistorio.

Esta plataforma “abierta” a Internet ha de diseñarse bajo un compromiso entre la accesibilidad y la seguridad, aspectos diametralmente enfrentados.

Se caracteriza por posibilitar un espacio “público” de servicios orientados a Internet pero que se nutren de los sistemas de información del consistorio. A continuación se muestra un gráfico que ayuda a comprender este concepto.



Esquema de la plataforma de servicios ON-LINE

Como se puede observar la plataforma se caracteriza por un área accesible por los usuarios desde Internet llamada DMZ (Zona DesMilitarizada), una zona interna donde se ubican los sistemas de información del consistorio y un elemento de seguridad que protege del acceso indebido desde Internet.

### 5.2.3. Requerimientos impuestos por los servicios

En este apartado se enumeraran los requerimientos impuestos por los servicios descritos anteriormente. El objetivo es obtener una relación de especificaciones que han de cumplir los sistemas que soporten estos servicios, para la correcta elección y diseño del de estos equipamientos. A continuación se enumera cada servicio y la lista de requerimientos que precisa.

#### US de directorio

- Sistema Operativo Windows 2008 Standard
- Procesador de 2 Ghz
- Memoria Ram 2GB
- Espacio en disco 60 GB
- Conectividad de red 1Gbps
- Acceso a datos 4Gbps
- Alta disponibilidad

### US de Seguridad

- Sistema Operativo Windows 2008 Standard
- Software de gestión de Backups (copias de seguridad)
- Procesador de 2 Ghz
- Memoria Ram 2GB
- Espacio en disco 40 GB
- Conectividad de red 1Gbps
- Acceso a datos 4Gbps (Backup)
- Sistema de backup con capacidad para replicar la totalidad de datos del consistorio
- Alta disponibilidad

### US de gestión de datos

- Sistema Operativo Windows 2008 Standard
- Gestor de BBDD SQL Server 2005
- Procesador de 2 Ghz
- Memoria Ram 2GB
- Espacio en disco 40 GB
- Conectividad de red 1Gbps
- Acceso a datos 4Gbps
- Alta disponibilidad

### US de aplicativos municipales

- Sistema Operativo Windows 2008 Standard
- IIS 7.0 (Publicación Web)
- Procesador de 2 Ghz
- Memoria Ram 2 GB
- Espacio en disco 40 GB
- Conectividad de red 1Gbps
- Acceso a datos 4Gbps
- Alta disponibilidad

### US de Correo

Se mantiene el equipo actual ya que pertenece a la Diputación de Barcelona

## US de gestión y monitorización de los sistemas TIC

- Sistema Operativo Windows 2008 Standard
- Aplicativo de gestión de infraestructura de red
- Nagios (Aplicativo de Monitorización)
- Procesador de 2 Ghz
- Memoria Ram 1GB
- Espacio en disco 40 GB
- Conectividad de red 1Gbps
- Acceso a datos 4Gbps
- Alta disponibilidad

## Servicio de telefonía

- Sistema basado en telefonía IP
- Implementación del protocolo SIP
- Acceso a la red pública de telefonía RDSI (Capacidad para un Enlace Primario)
- Extensiones analógicas
- Acceso a la red corporativa con las siguientes prestaciones:
  - Soporte de VLAN (802.1Q)
  - Soporte de QoS (basado en VLAN)
  - Conectividad 100Mbps
- Terminales con Microswitch
- Capacidad mínima para 100 usuarios
- Sistema de gestión

## Plataforma de servicios ON-LINE

- Equipo con las siguientes prestaciones
  - Sistema Operativo Windows 2008 Standard
  - IIS 7.0 (Publicación Web)
  - Procesador de 2 Ghz
  - Memoria Ram 2 GB
  - Espacio en disco 40 GB
  - Conectividad de red 1Gbps
  - Alta disponibilidad

- Equipo de conectividad con las siguiente prestaciones
  - Protocolo de enrutamiento basado en RIP V2
  - Interface Wan para conectividad con operador
  - Interface LAN para conectividad con la red corporativa (100Mbps)
  - Protocolo basado en RFC (1483)
  - Multiplexación LLC
  - Sistema de gestión basado http, https o Telnet
  
- Direccionamiento Público
  
- Equipo de seguridad (cortafuegos) con las siguiente funcionalidades:
  - Soporte multi zona (mínimo 3 zonas; Trust, Untrust y DMZ)
  - Protocolo de enrutamiento RIP V2
  - Protocolo 802.1Q (VLAN)
  - Protocolo QoS
  - Protocolo NAT (Network Address Translation)
  - Protocolo DNAT (Dynamic Network Address Translation)
  - Protocolo PAT (Port Address Translation)
  - Política de acceso basado en ACL
  - Soporte para IPsec VPN
  - Conectividad 100/1000 Mbps
  - Sistema de gestión basado http, https o Telnet
  - Protocolo SNMP

### 5.3. Diseño del equipamiento

En este apartado se presenta el diseño del equipamiento que dará soporte a los servicios y aplicativos municipales, como resultado de los requerimientos de estos, las especificaciones impuestas y el estado del arte en las diferentes temáticas.

Este diseño se ha dividido en cuatro partes bien diferenciadas; Arquitectura de Servidores, sistema de almacenamiento, sistema de Backup y Plataforma de Telefonía.

El equipamiento de conectividad de la plataforma de servicios On-Line se incluye en el apartado de diseño de la red corporativa debido a su temática y la integración de prestaciones.

## 5.4. Arquitectura de Servidores

### Introducción

La arquitectura de servidores es la plataforma que soporta todos los servicios y aplicaciones municipales. Su diseño está impuesto por las necesidades y especificaciones que requieren estos servicios y es una pieza clave en el diseño de las TIC de cualquier corporación. La organización en US introducida en este proyecto facilita la distribución de servicios en servidores de una manera coherente y eficaz, acotando las necesidades en entornos bien definidos por sus requerimientos.

Pero como se ha observado en el apartado del estado del arte, actualmente esta arquitectura no se basa únicamente en sistemas de software y hardware, si no que se tiende a sistemas más complejos que permiten nuevas plataformas basadas en la abstracción del hardware y que aportan mayores prestaciones y beneficios que los sistemas tradicionales, como es el caso de la Virtualización.

Por todo esto el diseño de la arquitectura de servidores pasa a ser el de una plataforma compleja con dos elementos claves; entorno de virtualización y la plataforma de servidores. Juntos crean un entorno único y transparente a los servicios y usuarios.

## 5.5. Entorno de Virtualización

En este apartado se presenta en primer lugar, una discusión sobre los beneficios de una arquitectura de virtualización y la idealidad dentro de este proyecto, para posteriormente introducir el diseño de todos los elementos necesarios que soportaran esta estructura y permitirán cumplir las especificaciones impuestas por los servicios.

### 5.5.1. Beneficios de una plataforma de virtualización

Los beneficios de una arquitectura basada en la virtualización como plataforma tecnológica, son muy diversos y aplicables a casi la totalidad de escenarios, independientemente de sus dimensiones. En este apartado se destacan los beneficios orientados a plataformas municipales como escenario de aplicación.



### Alta disponibilidad

Las posibilidades en materia de alta disponibilidad son uno de los atractivos de esta tecnología, hasta ahora únicamente superada por los grandes equipos en Cluster. Las funcionalidades más destacadas son:

- En caso de “caída” de un servidor físico, únicamente se ha de migrar el servidor virtual a otra máquina, sin configuraciones ni reinstalaciones.
- Posibilidad de balanceo de servidores en “caliente” sin perder disponibilidad y de forma automática.
- Funcionalidades que permiten realizar “instantáneas” y volver a ellas en caso necesario (errores de instalación de aplicaciones, virus,...).

### Escalabilidad

La escalabilidad es uno de los factores más destacados de las plataformas de virtualización ya que la instalación de nuevos servidores se realiza de manera ágil y rápida debido a la independencia entre hardware y software.

Los nuevos servicios impuestos por la e-Administración que progresivamente irán apareciendo, pueden ser desplegados de una manera eficiente y rápida. A si mismo, el crecimiento de dispositivos físicos también se benefician de estos aspectos.

### Ahorro energético

La posibilidad de tener varios servidores y sus correspondientes servicios ejecutándose en una misma máquina física divide el gasto energético en un orden directamente proporcional al número de máquinas virtuales “corriendo” en dicha máquina física. Este factor es importante para cualquier municipio, sensibles actualmente con la sostenibilidad. Además genera un impacto directo en el ahorro respecto al gasto eléctrico.

### Menor inversión en Hardware

El hecho de ejecutar varias máquinas virtuales en una sola máquina física incrementa el rendimiento global de esta y el aprovechamiento más eficiente de la estructura física, por lo que es necesario menos equipamiento y este ofrece más prestaciones. En arquitecturas x86 este aprovechamiento es realmente significativo gracias al

diseño de procesadores y Chipsets orientados a la virtualización que integran juegos de instrucciones específicas (Intel VT o AMD-V).

### Simplificación en la gestión y el mantenimiento

La reducción de equipamiento físico unido a herramientas sofisticadas, que automatizan la mayoría de procesos gracias a interfaces fáciles de usar, simplifican el mantenimiento de las arquitecturas de virtualización, reduciendo costes de mantenimiento y personal técnico especializado. Hecho especialmente importante en consistorios que no cuentan con un departamento TIC consolidado.

Como se puede observar los beneficios de las plataformas virtuales frente a las tradicionales son superiores y esto se ve reflejado en el mercado actual donde la tendencia hacia infraestructuras de este tipo es cada vez más clara, ayudado por soluciones muy competitivas y de fácil interacción.

Por esta razón se ha escogido una plataforma de virtualización como base para el diseño de la arquitectura de servidores.

## 5.5.2. Elección de la solución de virtualización.

Como se ha observado en el capítulo del estado del arte, existen diversas plataformas de virtualización en el mercado entre las cuales destacan; VMware, XEN, KVM y Hyper-V de Microsoft).

A continuación se hace una valoración de las diferentes tecnologías, para posteriormente escoger la mejor solución en el entorno objeto de este proyecto.

### Hyper-V de Microsoft

Se centra en arquitecturas x86 limitando su campo de acción. Actualmente no resulta una alternativa válida para un entorno municipal, por su falta de prestaciones y recursos.

### KVM (Kernel-Based Virtual Machine)

Sistema basado en QEMU y orientado a plataformas Linux. No dispone de aplicaciones de gestión de servidores en “caliente” y no interacciona con instrucciones de

procesador. Por todas estas razones y debido a que la plataforma del consistorio esta orientada a sistemas Windows, no supone una alternativa viable.

## XEN

Siendo una de las soluciones más competitivas, su penetración en el mercado es notablemente inferior y está orientado a grandes escenarios TIC altamente especializados por lo que requiere una administración compleja. Tecnológicamente es una de las soluciones más avanzadas pero por su especialización y dificultad no la hace conveniente para un escenario como el descrito en este proyecto.

## VMware infrastructure 3

Es la solución más extendida en el mercado y cuenta con muchos años de experiencia en el sector que avalan la calidad del producto. Dispone de herramientas muy potentes y con una interface fácil de utilizar especialmente indicado en entornos poco especializados. Dispone de un gran repertorio de recursos en Internet, desde información, foros y paginas especializadas, hasta imágenes de servidores pre configurados (Linux) que se pueden descargar y empezar a utilizar únicamente personalizándolos.

Las prestaciones que hacen de esta solución la más adecuada para el entorno que se analiza en este proyecto son las siguientes:

- Compatibilidad con cualquier plataforma de hardware
- Extensa experiencia en el mercado
- Facilidad en la administración
- Migración automática de servidores virtuales en caso de avería de uno de los servidores físicos gracias HA (High Availability).
- Distribución automática de servidores virtuales entre máquinas físicas, en función de la carga de trabajo mediante DRS (Dynamic Resource Scheduling).
- Distribución de las máquinas virtuales a través de los servidores físicos de modo transparente para el usuario y sin cortes de servicio con V-Motion (Virtual Motion).
- Soluciones integradas para la Backup de servidores virtuales.
- Fiabilidad de la solución.
- Alto rendimiento gracias a la plataforma ESX (Paravirtualización).

## 5.6. Servidores

En este apartado se presenta el diseño de la plataforma de servidores físicos basándose en el conjunto de especificaciones extraídas de los servicios y la plataforma de virtualización.

Como se ha introducido en el capítulo del estado del arte, actualmente existen varias alternativas de “enclosure” (encapsulamiento); siendo los sistemas Blade los más destacados.

Para este proyecto se ha escogido una arquitectura Blade debido a las siguientes características y beneficios.

- *Mayor rendimiento:* La arquitectura basada en buses de alto rendimiento mejora el acceso al conjunto de servidores y sobre todo entre ellos.
- *Menor consumo:* Se ha cuidado especialmente el consumo gracias al diseño de elementos comunes y no distribuidos (fuentes de alimentación, tarjetas de comunicación,...)
- *Facilidad de gestión:* La gestión de esta plataforma es centralizada, y no independiente como en las estructuras clásicas.
- *Mejor integración con plataformas de virtualización:* El diseño de los equipos y su estructura mejora notablemente la integración con soluciones de virtualización.
- *Mejor fiabilidad:* La estructura dispone de elementos redundantes y los servidores se han simplificado extrayendo muchos elementos hacia la estructura de chasis incrementando así su fiabilidad gracias a la sencillez de sus dispositivos.
- *Escalabilidad:* Este es uno de los factores más importantes. El crecimiento es ágil y fácil ya que los servidores están diseñados como tarjetas de ampliación. Estas ampliaciones permiten hacerse en “caliente” sin tener que parar otros servidores del mismo chasis.

Como fabricante para la solución se ha escogido Hewlett Packard por su fiabilidad, prestaciones, asistencia técnica y gran experiencia en el sector.

### 5.6.1. Estructura y elementos

Una vez se ha elegido el tipo de arquitectura de servidores y el fabricante queda diseñar los componentes y prestaciones de estos según los requerimientos impuestos por el diseño de los servicios. A continuación se muestra una tabla resumen con los requisitos según las unidades de servicio.

Servicio	Procesador	Memoria	Almacenamiento	Conectividad (Lan)	Conectividad (almacenamiento)
US Directorio	1x 2Ghz	2 GB	60 GB	1Gbps	4Gbps
US Seguridad	1x 2Ghz	2 GB	60 GB	1Gbps	4Gbps
US Gest. Datos	1x 2Ghz	2 GB	40 GB	1Gbps	4Gbps
US Aplc. Muni.	1x 2Ghz	2 GB	40 GB	1Gbps	4Gbps
US Gestión	1x 2Ghz	1 GB	40 GB	1Gbps	4Gbps
Serv. ON-LINE	1x 2Ghz	2 GB	40 GB	1Gbps	4Gbps
<b>Total</b>	<b>6x 2Ghz</b>	<b>11 GB</b>	<b>280 GB</b>	<b>6x 1Gbps</b>	<b>6x 4Gbps</b>

Tabla resumen de requerimientos

### Equipos para virtualización

El total de servidores implementados en la estructura virtual deben cumplir con estos requerimientos como mínimo.

#### Equipamiento mínimo

Elemento	Concepto	Cantidad
Equipo	HP Bl 460c G6	1
Procesador	Intel Xeon Quad-Core E5520 2,26Ghz (8 núcleos)	2
Cache	8 MB L3 (por procesador)	1
Memoria	Modulo 2GB DIMM DDR3-1333 Mhz (12 GB)	6
Almacenamiento	Disco SFF SAS Hot Plug 72 GB 15K rpm (Sistema)	2
Conectividad LAN	Tarjeta dual Port Gigabit Ethernet	2
Conectividad (Almacenamiento)	HBA Fiber Channel 4 Gbps	1

## Equipamiento óptimo

El equipamiento óptimo se ha establecido en tres veces el valor mínimo debido a los siguientes factores:

- La alta disponibilidad necesita al menos 2 equipos de iguales características.
- Los ciclos de vida en entornos de administraciones locales son muy grandes.
- La dinámica de la e-Administración tiene como característica la introducción de nuevas plataformas y servicios que se suman a los existentes.
- El coste de la solución mejora.

## Equipo de gestión

A este equipamiento ha de sumarse otro equipo independiente que gestiona toda la infraestructura virtual (vServer), con las siguientes características:

Elemento	Concepto	Cantidad
Equipo	HP BL 460c G6	1
Procesador	Intel Xeon Quad-Core E5520 2,26Ghz (4 núcleos)	1
Cache	8 MB L3 (por procesador)	1
Memoria	Modulo 2GB DIMM DDR3-1333 Mhz (8 GB)	3
Almacenamiento	Disco SFF SAS Hot Plug 72 GB 15K rpm (Sistema)	2
Conectividad LAN	Tarjeta dual Port Gigabit Ethernet 1 Gbps	1
Conectividad (Almacenamiento)	HBA Fiber Channel 4 Gbps	1

## Chasis

El chasis de tipo Blade es el elemento que “acoge” a todos los servidores y permite instalarlos como tarjetas de expansión y sistema Hot Plug (instalación en caliente). Este tipo de arquitectura se caracteriza por unificar todos los elementos comunes y abstraer todos los elementos de comunicación de los servidores. Esto implica que muchos de los dispositivos son parte modulable del chasis y no de los servidores fiscos.

A continuación se describe la solución elegida para el chasis y los complementos necesarios impuestos por las necesidades del diseño.

Elemento	Concepto	Cantidad
Fabricante	Hewlett Packard	
Modelo	Blade System C7000 (hasta 16 servidores serie BL)	1
Alimentación	Fuente de alimentación redundante Hot Plug	3
Acondicionamiento	Ventilador redundante Hot Plug	6
Conectividad (LAN)	Switch Blade System Gigabit Ethernet 16/5 <sup>1</sup>	2
Conectividad (Almacenamiento)	Switch Fiber Channel 4 Gbps 12/12	2
Administración	Onboard Administrator Redundant Adapter	2

<sup>1</sup> La nomenclatura 16/5 hace referencia a los puertos internos y externos respectivamente

### 5.6.2. Sistema de almacenamiento

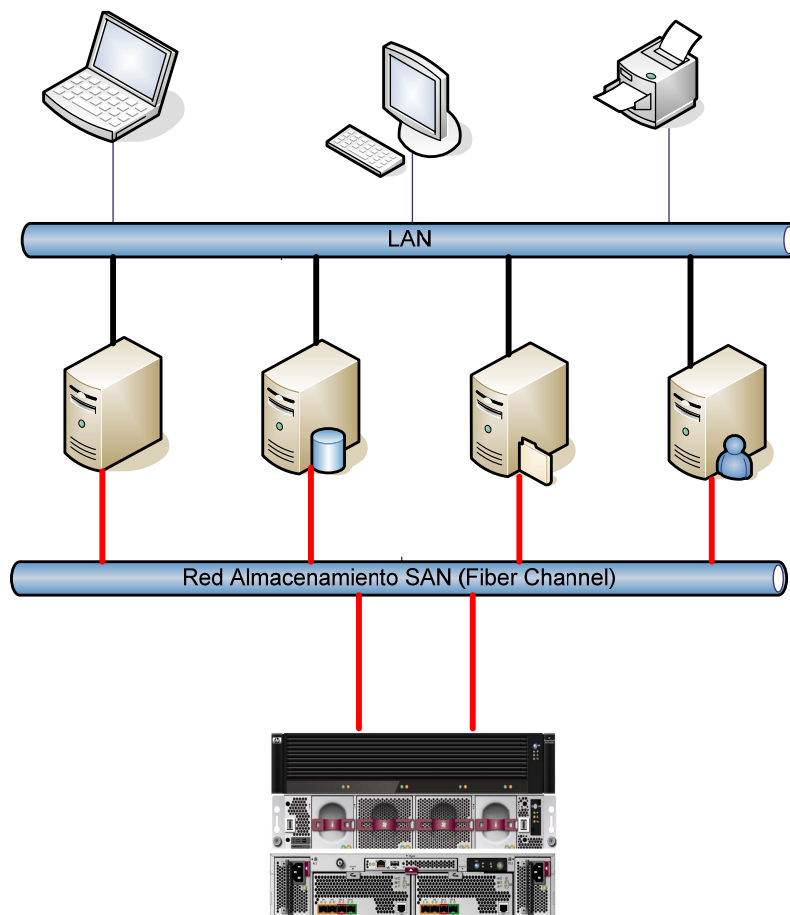
La infraestructura de servidores y las necesidades cada vez más agresivas en el terreno del almacenamiento obligan a buscar soluciones que aporten más rendimiento y mayores capacidades. Por esta razón se ha elegido una solución basada en SAN (Storage Area Network). Este tipo de almacenamiento como se ha mostrado en el apartado del estado del arte, tiene unos rendimientos ampliamente superiores a otras soluciones arquitectónicas como NAS o almacenamiento interno y están diseñadas para el acceso multiservidor.

Disponen de sistemas RAID (0, 1, 5, 10...) que aseguran la alta disponibilidad con tolerancia a fallos. En caso de avería de uno de los disco entra en juego una serie de discos llamados hot spare que se regeneran a partir de los discos de paridad. La cantidad de discos en hot spare determinan cuantos discos averiados puede soportar el sistema sin parar el servicio.

La solución escogida es el modelo EVA 4400 del fabricante Hewlett Packard. Las características técnicas se muestran en la siguiente tabla.

Elemento	Concepto	Cantidad
Fabricante	Hewlett Packard	
Modelo	EVA 4400	1
Controladora	HSV300 2GB de Ram	1
Soporte	Bandeja con capacidad de hasta 12 discos	2
Discos imágenes	Disco 450 GB 15.000 rpm Fiber Channel (2,7 TB)	6
Discos de almacenamiento	Disco 1 TB 10.000 rpm FATA (6 TB)	6

Esta unidad SAN se conecta a través de una conexión Fiber Channel de 4Gbps, quedando una estructura cerrada a la red corporativa. A continuación se muestra un gráfico explicativo.



Como se puede observar el Storage (almacenamiento) forma una red independiente de la corporativa. La LAN accede al Storage a través de los servidores (Front-End) que tienen una interface en la SAN y otra en la LAN.

### 5.6.3. Sistema de Backup

Si bien se dispone de una plataforma redundante a nivel de almacenamiento, hay contingencias que esta característica no puede salvar, como son inundaciones, incendios y desastres naturales que puedan afectar al CPD. Debido a esta razón y en coherencias con la LOPD (Ley Orgánica de Protección de Datos) aplicable a un consistorio en su nivel medio, es necesario la incorporación de un sistema de copia



de seguridad de los datos almacenados en los sistemas de información municipales y que además tengan la capacidad de ser movidos o almacenados en una ubicación distinta a la que se encuentra el almacenamiento principal (CPD).

Existen varias estrategias disponibles, pero debido a la cantidad y naturaleza los datos, se ha elegido como solución una plataforma de Backup robotizada basada en soporte magnético.

Esta plataforma se basa en cintas magnéticas de gran capacidad que pueden moverse a otros emplazamientos gracias a sus reducidas dimensiones.

La plataforma a su vez va acompañada de un software de gestión que establece la política de copias de seguridad. Esta política de copias o Backups se ha establecido según el siguiente patrón.

- 1 Copia diaria (incremental)
- 1 Copia semanal (incremental)
- 1 Copia mensual (completa)
- 1 Copia anual (completa y archivada)

Se establece así una memoria de 7 días, 1 semana, 1 mes y un archivo anual.

El sistema de Backup cuenta con las siguientes características:

- Sistema basado en unidad robotizado MSL2024 del fabricante HP.
- Capacidad para 24 cintas LTO4 de 800GB cada una.
- Unidad LTO4 HP (StorageWorks Ultrium 1840 Tape) con conexión FC (SAN).
- Lector de código de barras.
- Velocidad de grabación de 576 GB/hr en compresión 2:1.

Software de gestión Symantec Backup Exec V 12d.

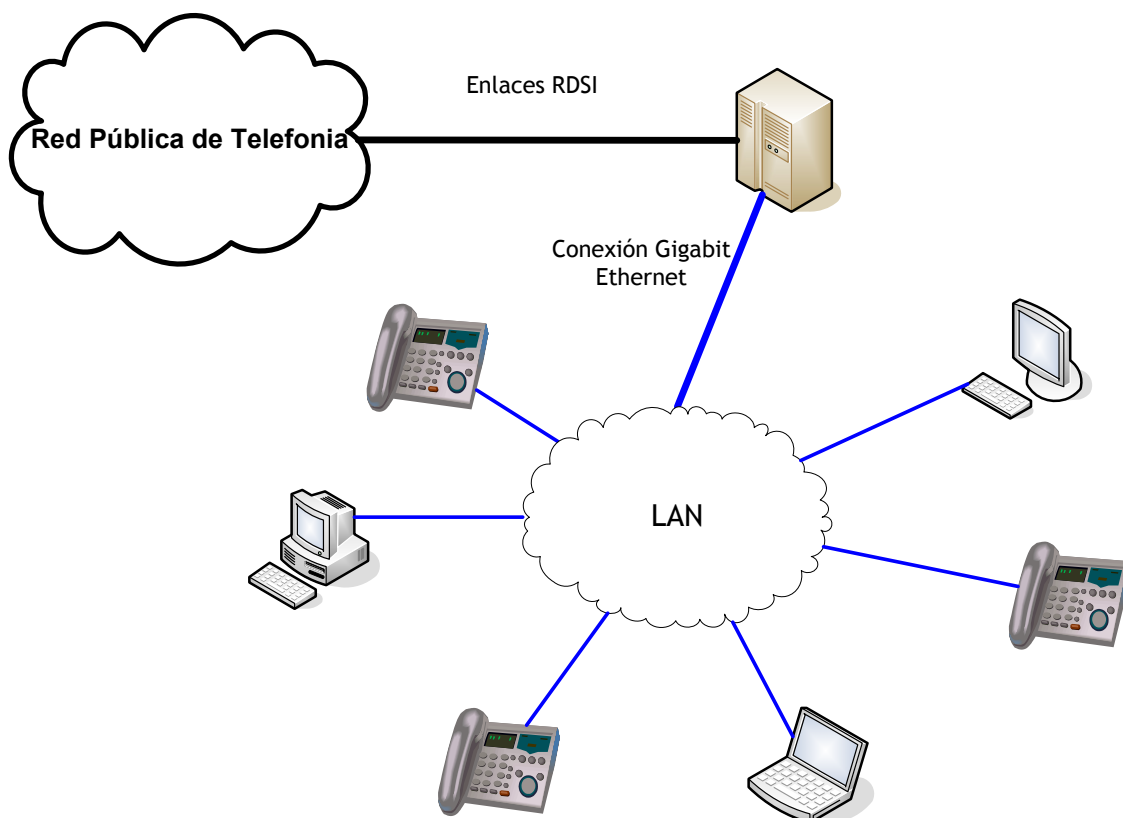
## 5.7. Plataforma de Telefonía

### Introducción

La plataforma de telefonía es uno de los elementos más importantes en el diseño de los servicios TIC de un municipio.

Como se ha presentado en el capítulo del estado del arte las plataformas basadas en VoIP cuentan con beneficios significativamente superiores a las plataformas tradicionales basadas en centralitas PBX. Unido a las tendencias del sector hacia soluciones de convergencia IP como estándar de futuro, se ha elegido una plataforma IP como solución para el servicio de telefonía.

A nivel conceptual la estructura de esta solución se basa en una unidad central (Centralita IP) que dispone de una serie de conexiones a red pública de telefonía basada en el estándar RDSI, y a su vez unos terminales IP que utilizan para la comunicación la LAN corporativa. A continuación se muestra un gráfico descriptivo.



Estructura general de la plataforma de telefonía.

Como se puede observar la plataforma de telefonía utiliza la red de datos corporativa como soporte para la comunicación al contrario de las soluciones convencionales que necesitan una red propia (cableado, señalización...).

Por lo que respecta a la conexión a la red pública utiliza el estándar RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) que proporciona cualquier operador de telecomunicaciones. Si bien existen soluciones de conectividad IP con el operador, este tipo de enlaces no están desarrollados totalmente y suponen una pérdida de prestaciones (cortes, implementación de codecs...)

En este apartado se hará una descripción de las características más relevantes de una plataforma VoIP, la solución comercial escogida y los requerimientos que esta plataforma impone a sus capas inferiores.

### 5.7.1. Características de la plataforma

Una plataforma de telefonía IP a diferencia de soluciones convencionales, tiene asociadas unas características más complejas y que necesitan ser seleccionadas y diseñadas dentro del entorno, debido a su integración con otros sistemas TIC del consistorio. A continuación se presentan estas características, conformando a su vez el diseño de la solución.

### 5.7.2. Elección de un protocolo

El protocolo es una de las piezas más fundamentales de una plataforma de VoIP ya que definirá la forma de operar, sus prestaciones y los servicios que ofrecerá a los usuarios. Como se ha observado existen dos grandes protocolos entorno a la VoIP que son el H 323 y el SIP.

Se ha escogido para este proyecto el protocolo SIP por sus prestaciones, simplicidad y gran penetración en el mercado, hecho que facilita la evolución de la plataforma y nuevas funcionalidades.

### 5.7.3. Elección de un Códec

Sujeto a la elección de un protocolo de funcionamiento de la plataforma, existe la elección de un tipo de codificación que transformará la señal analógica recogida por

los terminales hacia una señal digital. Este elemento llamado comúnmente Códec, es el que define entre otros aspectos la calidad del audio y el ancho de banda y Jitter necesarios para una comunicación correcta y aceptable para el usuario. Estas características han de ser proporcionadas por la red corporativa ya que es el medio de transporte.

Para esta plataforma se ha escogido el Códec G711 ya que es uno de lo más estandarizados y utilizados por la mayoría de plataformas comerciales. Sus características son las siguientes:

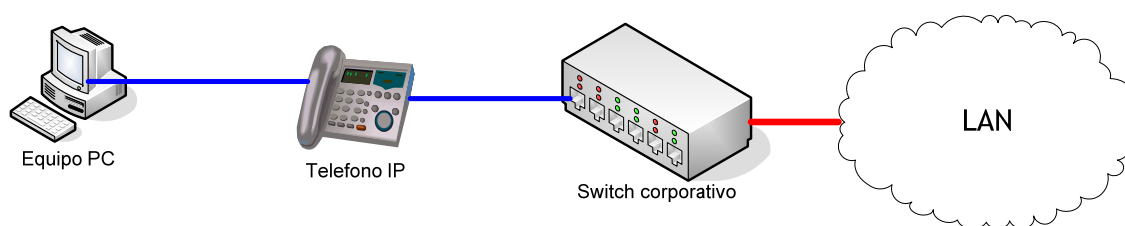
- Sistema basado en la codificación PCM (uno de los más utilizados por sistemas TIC)
- Tasa de transferencia (Bit Rate) 64Kbps
- Tasa de muestreo (Sampling Rate) 8Khz
- Sistema de muestreo logarítmico A-law (Sistema europeo basado en el estándar E1)
- Un MOS (Mean Opinion Score) de 4,5. Este tipo de valoración subjetivo mide la calidad de la comunicación. Su escala va de 1 (mala calidad) hasta 5 (calidad excelente).
- Latencia despreciable
- Jitter necesario < 100ms

#### 5.7.4. Sistema de interconexión

El sistema de interconexión con la red de transporte determina ciertas características fundamentales para la plataforma e impone una serie de requerimientos a la red corporativa.

Si bien los terminales pueden conectarse directamente a la red corporativa, las necesidades en cuanto a calidad de servicio (QoS), y optimización de la interconexión requieren una estrategia diferente.

Esta estrategia se basa en la interconexión de los equipos PC y lo terminales IP formando un puesto de trabajo utilizando únicamente una toma de red.



Como se puede observar en la figura, el terminal IP está conectado directamente a la red corporativa y a su vez el equipo PC se conecta al terminal IP.

Este tipo de arquitectura además de reducir costes de cableado, mejora la ergonomía del puesto de trabajo y simplificar la estructura, lleva consigo una serie de requerimientos tanto relativos al terminal IP como a la configuración del equipamiento de red.

Estos requerimientos básicamente son los siguientes:

- Los terminales IP deben integrar un micro switch que permita la interconexión entre la LAN y el equipo PC (dos tomas) y una velocidad de conexión de 100 Mbps como mínimo.
- Los terminales IP deben integrar el protocolo 802.1Q (VLAN) para poder diferenciar el tráfico de voz y de datos.
- La electrónica de red debe soportar el protocolo 802.1Q y poder ofrecer calidad de servicio a nivel de VLAN (QoS) o el marcado de paquetes por prioridad DiffServices ).

### 5.7.5. Elección de la plataforma comercial

Una vez estudiadas las características y los requerimientos de esta plataforma, se ha elegido una solución comercial que responde a las necesidades impuestas. Entre todas las propuestas, tanto propietarias como de libre distribución se ha elegido la plataforma Hipatch 3800 del fabricante SIEMENS.

Entre las características más destacadas de esta solución que han servido para la elección se encuentran las siguientes:

- Sistema de alta calidad y prestaciones
- Soporta los estándares SIP y H323
- Soporta entre otros Codec el G 711
- Terminales con micro switch, soporte para 802.1Q, QoS y supresión de eco.
- Sistema propietario (solución testada)
- Fabricante de alta solvencia tecnológica
- Capacidad para hasta 500 extensiones IP
- Capacidad para extensiones analógicas.
- Conectividad pública compatible con RDSI y RTC (soporte para primarios RDSI).
- Listín telefónico en cada terminal
- Buzón de voz para todos los usuarios integrado con Exchange
- Operadora automatizada con hasta 5 niveles
- Protocolos http, Telnet, SNMP y ftp entre otros.
- Soporte para DHCP
- Algoritmos de encriptación DES, 3DES, AES
- Gateway para conectividad VPN (usuarios remotos)
- Plataforma de gestión Web.
- Soporte para Softphone
- Soporte para PoE (Power over Ethernet)
- Herramienta de gestión centralizada (HiPath Manager C)
- Mensajería interna multiplataforma (HiPath Xpressions)

Los terminales seleccionados se basan en la serie Optipoint 410/420 en sus diferente versiones adaptándose a las diferentes necesidades del puesto de trabajo (puesto simple, operadora, responsable de área,...)

A continuación se muestra las características más importantes de la plataforma final.

- Centralita Hipath 3800.
- 1 un enlace primario con capacidad de hasta 15 líneas RDSI.
- 60 terminales de la serie Optipoint 410/420 con micro switch.

- 1 Terminal de la serie Optipoint 420 para la gestión de operadora.
- Un placa de 4 enlaces analógicos para tracks de telefonía móvil.

Software de gestión de la plataforma (HiPath Manager C).

## 5.8. Red de comunicaciones

En este apartado se describe la solución diseñada para la red de comunicaciones corporativa municipal. El diseño se basa en los requerimientos impuestos por las capas superiores (Servicios y equipamiento), así como en las premisas impuestas por el proyecto. Todo orientado hacia una plataforma moderna y acorde con las necesidades actuales de cualquier consistorio en materia de e-Administración.

Esta sección está dividida en dos grandes áreas; el diseño de la estructura lógica y la elección del equipamiento necesario que cumpla las especificaciones que impone dicha estructura.

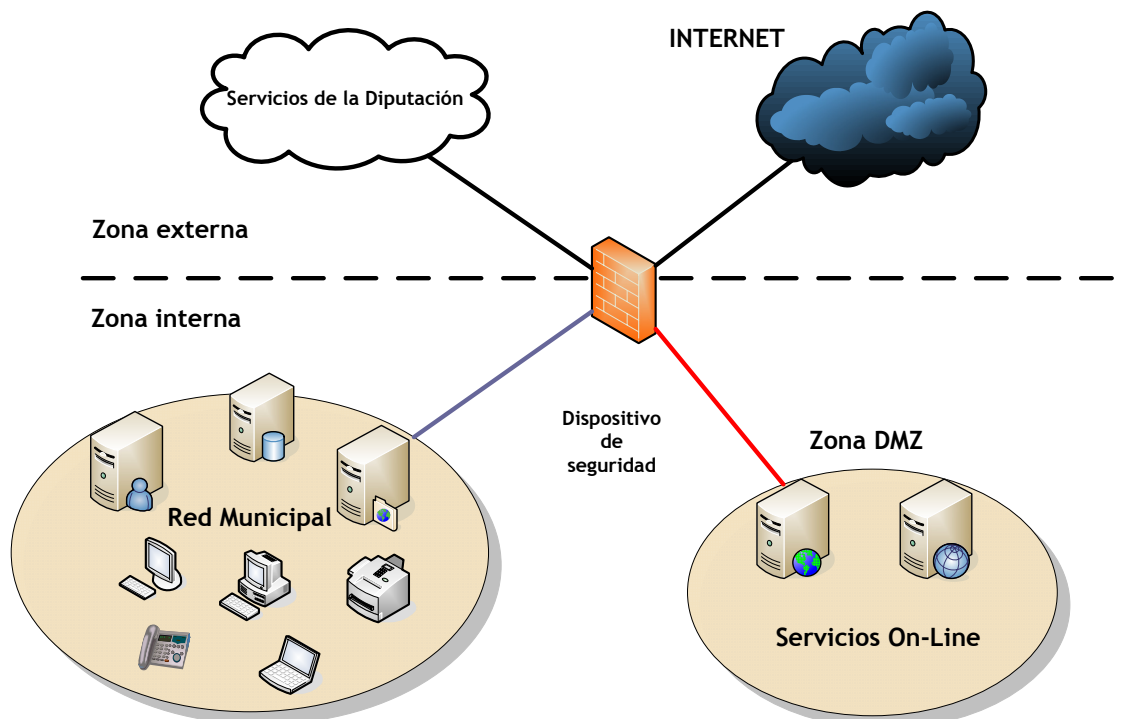
De este apartado surgirá el diseño de la red corporativa así como una serie de especificaciones para el diseño de la infraestructura física.

### 5.8.1. Estructura lógica

#### Topología

Dentro de una estructura lógica de red la característica más descriptiva es su topología. Esta topología viene dada por las funcionalidades para la cual ha sido diseñada.

Existen diversas topologías aplicables a una red corporativa pero la más adecuada para un entorno como el que se describe en este proyecto es una estructuración en tres grandes áreas; una interna, otra externa y una tercera llamada DMZ. Esta estructura es similar a la encontrada en el escenario de partida, sin embargo se ha rediseñado para adaptarla a las necesidades impuestas por lo nuevos servicios. A continuación se muestra un gráfico descriptivo.



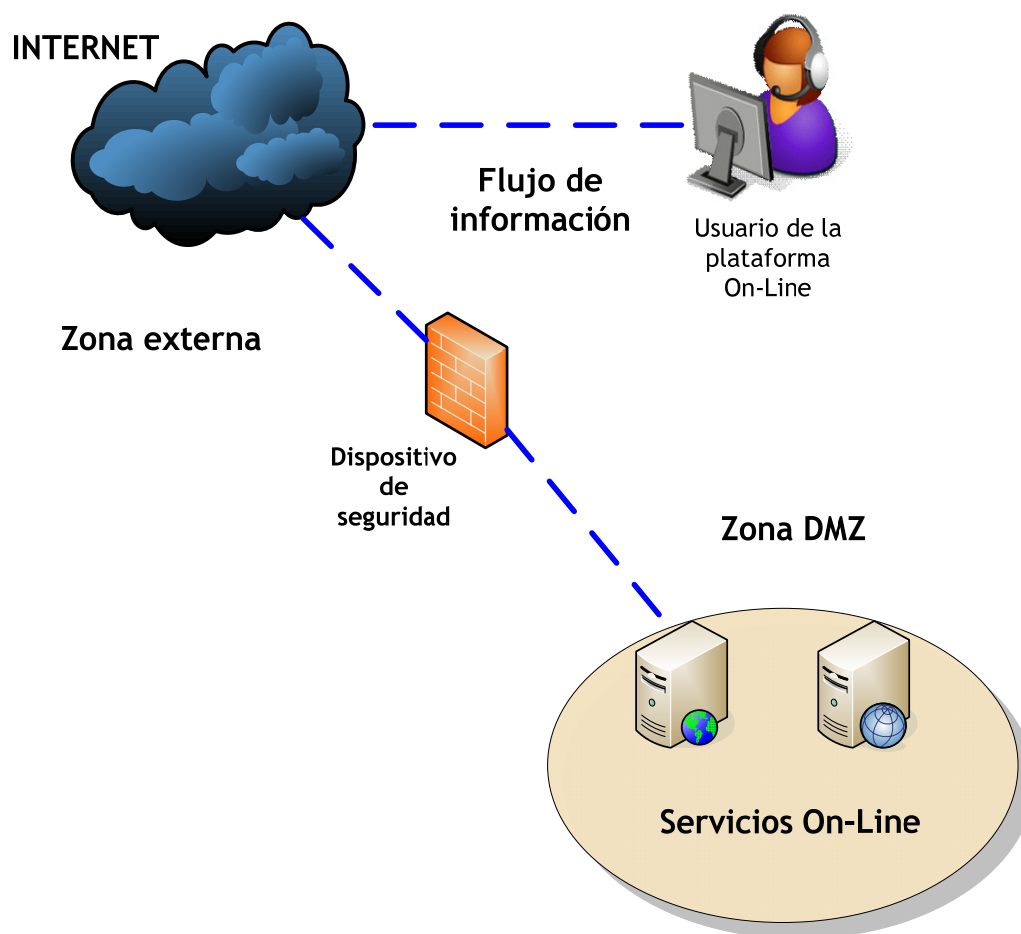
Topología general de la red corporativa municipal

### Zona externa

La zona externa o también llamada WAN, se caracteriza por ser la zona de conexión con el mundo exterior. En esta zona encontramos por un lado la conexión a Internet a través del proveedor de comunicaciones (ISP) y por otro la conexión hacia la red de servicios de la Diputación.

La conexión con la red de Diputación ha de mantenerse ya que algunos de los servicios del consistorio están ubicados en dicha red. La incorporación de una salida propia a Internet (en la estructura de partida, esta salida se hacía desde la red de Diputación) viene dada por los requerimientos de la nueva plataforma de servicios On-Line que necesitan un acceso directo bidireccional hacia Internet. Para aclarar este concepto se muestra el siguiente gráfico.





Detalle de la topología.

### Zona DMZ

Esta zona es el área destinada a “publicar” los diferentes servicios On-Line y otros servicios corporativos como la pagina Web del consistorio. Se caracteriza por ser una zona pública expuesta a Internet y requiere de un tratamiento especial en materia de seguridad.

### Zona Interna

Esta zona llamada también LAN es donde se encuentran todos los sistemas de información municipales, servidores, usuarios y cualquier sistema TIC del consistorio.

## Relación entre zonas

Como se puede observar en el gráfico existe un elemento común que une a todas las zonas, este dispositivo de seguridad llamado también cortafuegos, regula el tráfico entre las diferentes zonas aplicando unos criterios de seguridad basados en ACL'S del inglés Access Control List. Estos criterios permiten mantener la seguridad de la zona interna y de la zona DMZ en pro de agresiones desde el exterior.

Entre estas dos últimas zonas también existen una serie de medidas de seguridad, ya que la zona DMZ tiene unas exigencias seguridad menos severas para poder facilitar el acceso a los servicios públicos, pero a su vez ha de conectarse a la zona interna ya que estos servicios utilizan datos contenidos en los servicios de información de esta zona.

### 5.8.2. Segmentación de la red (VLAN'S)

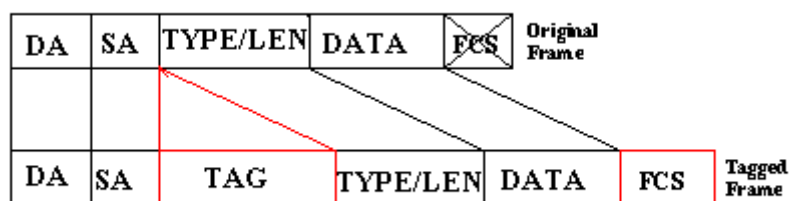
La dimensión de esta red, los requerimientos impuestos por las capas superiores y otros aspectos del diseño, hacen necesario una estrategia de segmentación. Esta segmentación se ha basado en VLAN'S (Virtual LAN).

#### Concepto de VLAN

Una VLAN es un protocolo (802.1Q) para crear redes virtuales dentro de una misma red. Estas redes virtuales están aisladas a nivel lógico, como si fueran físicamente independientes. Este tipo de estrategia tiene como beneficios más importantes los siguientes:

- Aislamiento de los equipos que pertenecen a la misma VLAN frente al resto de la red. Aunque se pueden relacionar a través de un Router.
- Reducción del dominio de difusión o Broadcast
- Aumento del rendimiento del segmento
- Especialización de los segmentos mejorando la administración y prestaciones
- Acotación de los problemas derivados de virus, colisiones, funcionamientos erráticos y cualquier otro problema ya que no se propagan a otros segmentos o su control es más exhaustivo gracias a ACLS'S.
- Aplicación de QoS a nivel de segmento (por ejemplo una mayor calidad de servicio para segmentos sensibles al Jitter o al ancho de banda).

A modo descriptivo este tipo de protocolo se basa en el etiquetado de paquetes a nivel de enlace.



Estructura del paquete insertando el tag

Este tag tiene una longitud de 4 bytes e internamente dispone de los siguientes campos.

TPID	Prioridad	CFI	VID
16 bits	3 bits	1 bit	12 bits

#### TPID (Tag Protocol Identifier)

Es un campo orientado a identificar que es un frame perteneciente al protocolo 802.1 Q y su valor es *0x8100*.

#### Prioridad

Este campo se utiliza para identificar la prioridad del paquete cuando se aplica una calidad de servicio a una VLAN. Su valor oscila entre 0 o 7 en función de la prioridad.

#### CFI (Canonical Format Indicator)

Indica si el formato de la dirección MAC está en modo canónico (bit=0) o no (bit=1)

#### VID (Identificador de VLAN)

Este campo identifica a que VLAN pertenece el paquete. Este valor puede oscilar entre 0 y 4095.

Como se observa esta etiqueta o comúnmente llamada Tag, sirve para señalar a los equipos de red a que VLAN pertenece cada uno de los paquetes. Dichos paquetes “viajarán” por toda la red de dispositivos que soporten el estándar 802.1Q hasta su

destino donde se le quitará este tag. Cualquier dispositivo que no soporte este estándar descartará el paquete (comúnmente los equipos PC, salvo excepciones, no son capaces de soportar este protocolo).

## Diseño de las VLAN'S

El diseño de las diferentes VLAN'S es una de las tareas más importantes en el diseño lógico de una red ya que determinará sus características y funcionalidades. El criterio para su diseño es el siguiente.

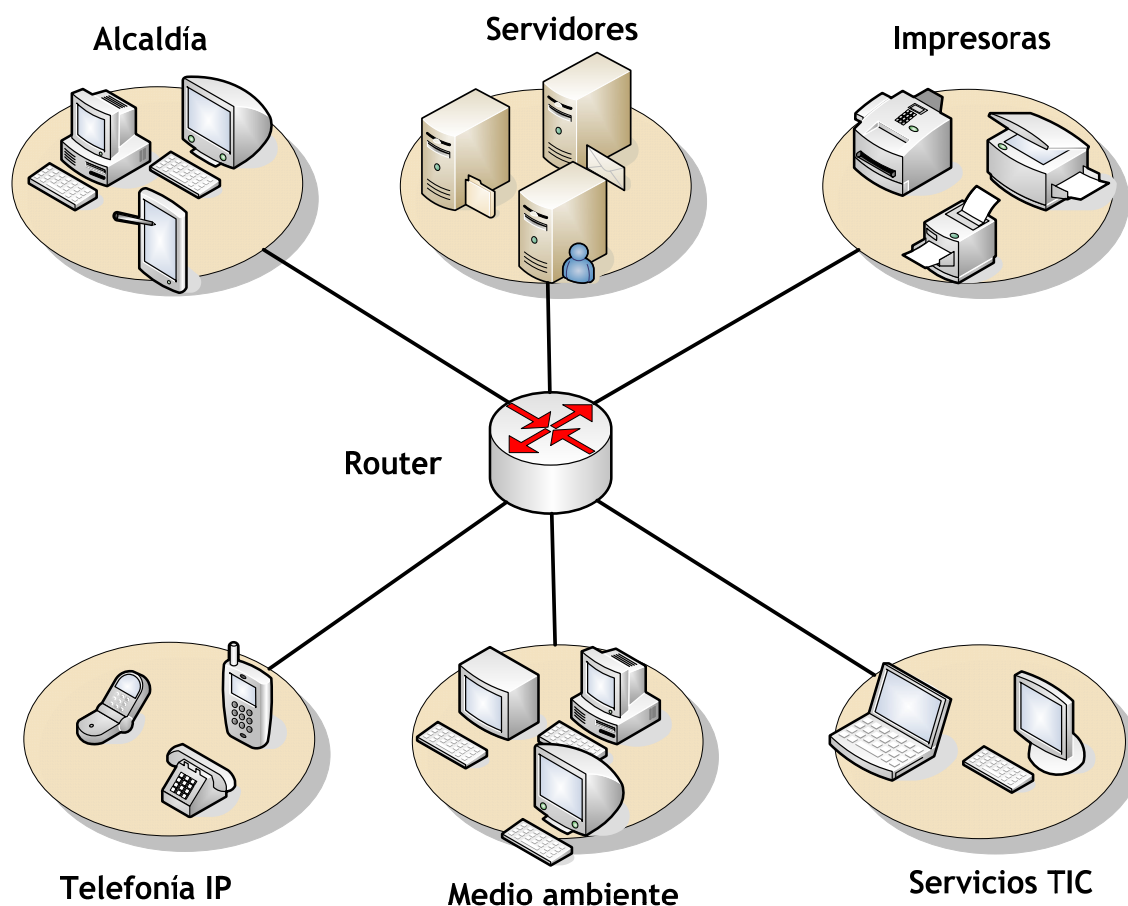
- Asignación de VLAN'S para cada Área Municipal (temática).
- Asignación de VLAN'S para segmentos especializados entre los que podemos destacar:
  - Segmento de servidores
  - Segmento de impresoras
  - Segmento de electrónica de red (gestión)
  - Segmento para zonas no confiables (aula de formación)
  - Segmento para WiFi (previsión)
- Asignación de VLAN'S para garantizar ciertas características de eficiencia como por ejemplo un segmento dedicado a la telefonía.
- Espacio de 10 ID entre VLAN'S como previsión.

Basándose en este criterio se ha establecido una propuesta de segmentación que a continuación se muestra en la siguiente tabla. Esta segmentación se puede ampliar o reducir en función de las necesidades impuestas por los servicios.

Nombre de la red	Identificación de la red (VID)
Sistemas TIC	De la 10 a la 99
Gestión electrónica de red	10
Servidores	20
Impresoras	30
WAN	40
Telefonía IP	50
DMZ	60
Contención (red no confiable)	70
WiFi	80
Áreas Municipales	De la 100-199
Alcaldía	100
Gobernación	110
Medio ambiente	120
Cultura	130
Vía pública y urbanismo	140
Seguridad ciudadana	150
Comunicación	160
Servicios internos	170
Promoción económica	180
Servicios TIC	190

## Enrutamiento y direccionamiento

Una estructuración en VLAN'S impone necesidad de comunicación entre dichos segmentos. Esta comunicación es posible gracias a un elemento clave en este tipo de estructuras, un enrutador. Este elemento, englobado en el nivel de red de la torre OSI (capa 3), gestiona el tráfico entre los diferentes segmentos basados en VLAN'S. Además permite que esta comunicación se haga de forma segura y coherente gracias a ACL'S, al igual que un cortafuegos. A continuación se presenta un gráfico ilustrativo.



Ejemplo de segmentación en VLAN'S

Como se puede observar en el gráfico, cada segmento es independiente y únicamente confluye con los demás en un punto central, el enrutador o Router.

Otro elemento necesario para el enrutamiento entre los diferentes segmentos es el direccionamiento IP o asignación de IP. Existen varias metodologías y criterios para la asignación de un plan de direccionamiento, para este proyecto se ha establecido el siguiente:

- Utilización de direccionamiento privado de clase C
- Asignación de 8 bits para cada VLAN (254 IP)
- Utilización del rango 192.168.0.0/16 para todo los segmentos
- Utilización del tercer byte como identificación de cada VLAN

Según este criterio el direccionamiento básico quedaría de siguiente manera

Nombre de la red	VLAN	Red	P. Enlace
Sistemas TIC	De la 10 a la 99		
Gestión electrónica	10	192.168.10.0/24	192.168.10.1
Servidores	20	192.168.20.0/24	192.168.20.1
Impresoras	30	192.168.30.0/24	192.168.30.1
WAN	40	192.168.40.0/24	192.168.40.1
Telefonía IP	50	192.168.50.0/24	192.168.50.1
DMZ	60	192.168.60.0/24	192.168.60.1
Contención	70	192.168.70.0/24	192.168.70.1
WiFi	80	192.168.80.0/24	192.168.80.1
Áreas Municipales	De la 100-199		
Alcaldía	100	192.168.100.0/24	192.168.100.1
Gobernación	110	192.168.110.0/24	192.168.120.1
Medio ambiente	120	192.168.120.0/24	192.168.130.1
Cultura	130	192.168.130.0/24	192.168.140.1
Vía pública y urbanismo	140	192.168.140.0/24	192.168.150.1
Seguridad ciudadana	150	192.168.150.0/24	192.168.160.1
Comunicación	160	192.168.160.0/24	192.168.170.1
Servicios internos	170	192.168.170.0/24	192.168.180.1
Promoción económica	180	192.168.180.0/24	192.168.190.1
Servicios TIC	190	192.168.190.0/24	192.168.100.1

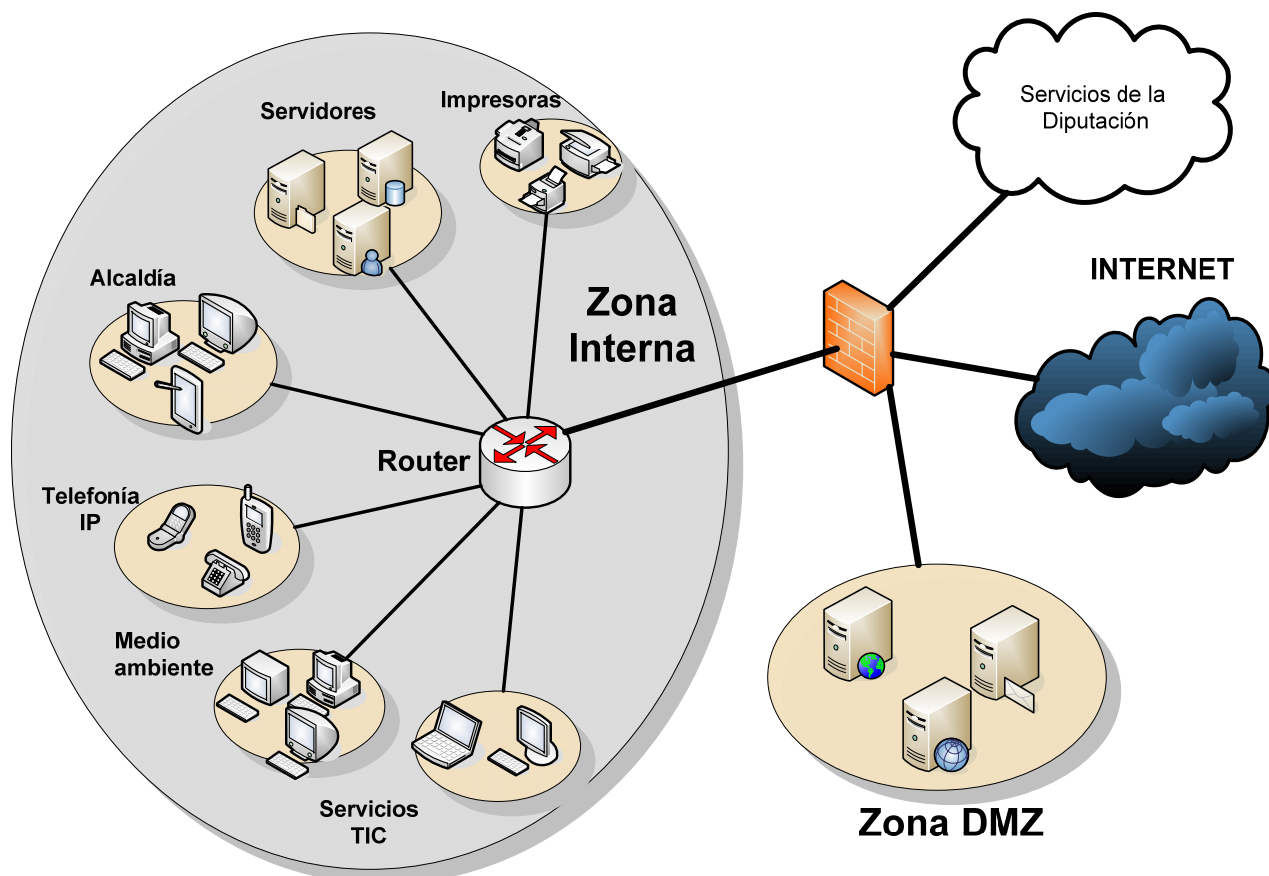
Como se puede observar es un criterio simple en el que se puede identificar rápidamente que IP corresponde a cada VLAN.

Cada VLAN dispondrá de una interface en el Router y una IP de cada segmento.

A parte del direccionamiento básico es necesaria la asignación de un sub rango de direccionamiento público estático para el acceso desde Internet a los diferentes servicios públicos (servicios On-Line, Web, ...). Este direccionamiento dependerá del ISP, para este proyecto se ha escogido un direccionamiento imaginario de 16 IP'S con las siguientes características.

Parámetro	Valor
Red	147.83.140.0/28
Puerta de enlace	147.83.140.1
IP disponibles	147.83.140.2 a 147.83.140.14
Dirección Broadcast	147.83.140.15

A continuación se muestra un gráfico con la estructura global.



Estructura global



### 5.8.3. Equipamiento de red

El equipamiento de red es el sistema encargado de soportar toda la estructura lógica de la red corporativa. Existen varios tipos de electrónica dependiendo de su funcionalidad y prestaciones. Para este proyecto se ha estimado cuatro tipológicas de equipamiento:

#### Switch de acceso

Elemento encargado de dar conectividad de acceso. Es el primer elemento de la red ya que todos los dispositivos se conectan a la red a través de este tipo de equipo.

#### Router interno

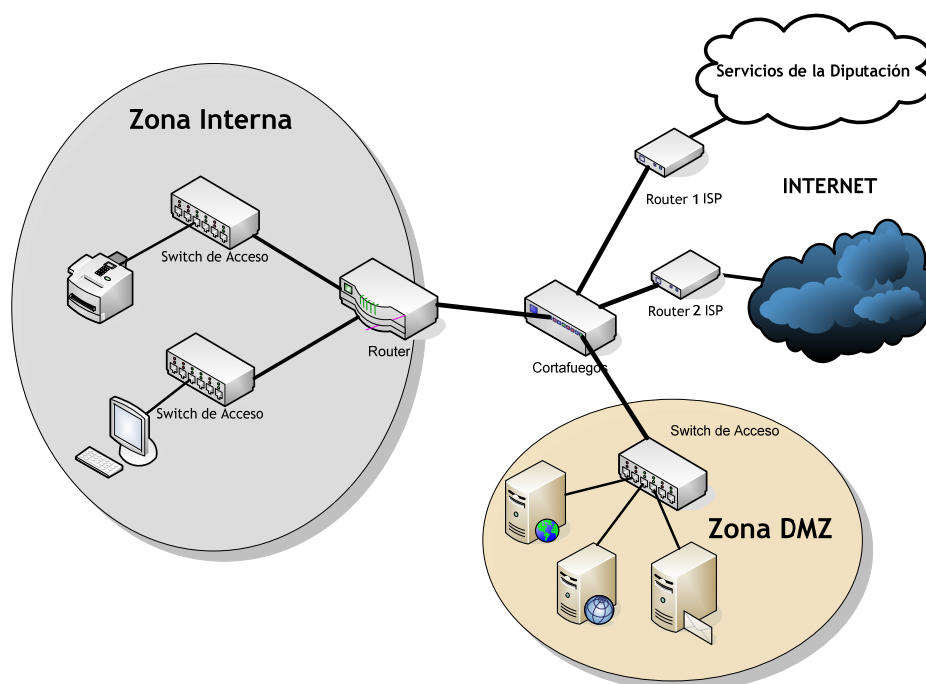
Elemento capaz de dar continuidad entre todos los switches de acceso y encaminar el tráfico hacia otras zonas, así como permite cambiar de medio físico.

#### Router ISP

Elemento que permite la interconexión con redes públicas (Internet) y encaminar el tráfico hacia otras zonas, así como permite cambiar de medio físico.

#### Cortafuegos o Firewall

Sistema de seguridad que crea una frontera entre las diferentes zonas de seguridad. A continuación se muestra un gráfico que define de manera conceptual la estructura.



Estructura de equipamiento

Este equipamiento ha de cumplir una serie de características de acuerdo con las especificaciones que impone los demás elementos y servicios. Estas especificaciones varían según el tipo de equipamiento. A continuación se muestran los requerimientos en función de esta tipología de equipamiento.

#### Switch de acceso

- Protocolo 802.1Q (VLAN)
- Protocolo QoS
- Política de acceso basado en ACL
- Conectividad 100Mbps para los puertos destinados a usuario
- Conectores SFP destinados a troncales
- Sistema de gestión basado http, https o Telnet
- Protocolo SNMP V2
- Soporte para IPV6

#### Router interno

- Protocolo de enrutamiento RIP V1,V2 y OSPF
- Protocolo 802.1Q (VLAN)
- Protocolo QoS
- Política de acceso basado en ACL
- Conectividad 1000 Mbps Gigabit Ethernet y SFP
- Sistema de gestión basado http, https o Telnet
- Protocolo SNMP V2
- Soporte para IPV6
- Función IP Helper Address (DHCP)

#### Router Operador ISP

- Protocolo de enrutamiento basado en RIP V1 y V2
- Interficie Wan para conectividad con operador (DSL)
- Interficie LAN para conectividad con la red corporativa (100Mbps)
- Protocolo basado en RFC (1483)
- Multiplexación LLC
- Sistema de gestión basado http, https o Telnet

### Cortafuegos

- Soporte multi zona (mínimo 3 zonas; Trust, Untrust y DMZ)
- Protocolo de enrutamiento RIP V1,V2 y OSPF
- Protocolo 802.1Q (VLAN)
- Protocolo QoS
- Protocolo NAT (Network Address Translation)
- Protocolo DNAT (Dynamic Network Address Translation)
- Protocolo PAT (Port Address Translation)
- Política de acceso basado en ACL
- Soporte para IPsec VPN
- Conectividad 100/1000 Mbps
- Sistema de gestión basado http, https o Telnet
- Protocolo SNMP V2

En función de estos requerimientos se ha escogido el equipamiento más acorde con las necesidades.

### Router interno

Para este rol se ha escogido el modelo G3 del fabricante Entersys. Este equipo es un Switch de alta gama con funcionalidades de routing. Sus características principales son las siguientes:

- Versión Standalone
- Soporte para capas 2, 3 y 4 de la torre OSI
- Sistema modurable (3 baías de expansión)
- 24 Puertos SPF base
- Protocolo de enrutamiento RIPv1, RIPv2, OSPFv2, PIM y VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol)
- Protocolo 802.1Q (VLAN)
- Protocolo QoS
- Protocolo 802.3af (PoE) Power over Ethernet)
- Soporte para 10GB Ethernet
- Doble fuente de alimentación
- Capacidad de agregación de 384 Gbps
- Troughput 214 Mpps (Mega pakets por segungo)
- Política de acceso basado en ACL

- Sistema de gestión basado http, https, Telnet y SSH
- Protocolo SNMP V2
- Soporte para IPV6
- Función IP Helper Address (DHCP)

## Switch de Acceso

Para este dispositivo se ha escogido el modelo C3 del fabricante Entersys, por sus grandes prestaciones y del mismo fabricante que el router interno, mejorando así la integración y facilitando la gestión con un único producto. Las características principales son:

- Versión Standalone
- Soporte para capa 2, 3 y 4 de la torre OSI
- 24/48 Puertos 10/100/1000 (usuarios)
- 4 Puertos SPF (troncales)
- Protocolo 802.1Q (VLAN)
- Protocolo QoS
- Protocolo 802.3af (PoE) Power over Ethernet)
- Capacidad de agregación 48/96 Gbps (24/48 puertos)
- Troughput 35,7 Mpps
- Sistema de gestión basado http, https, Telnet y SSH
- Protocolo SNMP V2
- Soporte para IPV6

## Router ISP

Para este dispositivo se ha escogido el modelo 1841 del fabricante Cisco. Es un equipo de muy altas prestaciones entre las que se pueden destacar:

- Sistema modulable gracias a dispositivos WIC y AIM con múltiples tipologías
- Sistema IOS
- Protocolo de enrutamiento basado en RIP V1,V2, y IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)
- Interficie Wan para conectividad con operador (WIC ADSL)
- Interficie LAN para conectividad con la red corporativa (100Mbps)
- Protocolo basado en RFC (1483) (Módulo WIC ADSL)
- Multiplexación LLC (Módulo WIC ADSL)

- Sistema de gestión basado http, https o Telnet
- SNMP V2
- Soporte para VPN
- Protocolo QoS
- 802.1Q (VLAN)
- Cortafuegos integrado

## Cortafuegos o Firewall

Este es uno de los sistemas más importantes y requiere un estudio muy cuidado en cuanto a calidad y rendimiento. Para esta solución basándose en la experiencia y sus múltiples y potentes características se ha elegido el equipo SSG-140 del fabricante Juniper Networks. Las características más importantes son las siguientes:

- Soporte multi zona de hasta 40 zonas de seguridad
- Protocolo de enrutamiento RIP V1,V2, OSPF y BGP.
- Hasta 6 routers virtuales
- Troughput ponderado de 300 Mbps
- Sistema modulable (T1, E1, RDSI, ADSL2 y SHDSL)
- Servicios de seguridad integrados
  - Antivirus
  - AntiSpam
  - Web Filtering
  - IPS (Deep Inspectio)
- Protocolo 802.1Q (VLAN)
- Protocolo QoS
- Protocolo NAT (Network Address Translation)
- Protocolo DNAT (Dynamic Network Address Translation)
- Protocolo PAT (Port Address Translation)
- Política de acceso basado en ACL
- Soporte para IPsec VPN (hasta 500 túneles y 50 interfaces)
- Conectividad:
  - 8 puertos 10/100 Mbps
  - 2 puertos 10/100/1000 Mbps
- Sistema de gestión basado http, https, Telnet y SSH
- Protocolo SNMP V2
- Soporte para IPv6

Como se puede observar las funcionalidades son muy amplias, además de ser un equipo robusto de gran solvencia tecnológica.

### Software de gestión

Como se ha mostrado en el apartado de requerimientos, la US de gestión y monitorización requiere dos aplicativos destinados a monitorizar y gestionar la red corporativa. Para monitorizar la red y los servicios se ha establecido el aplicativo Nagios de código libre, sin embargo para gestión se ha de definir un software que se ajuste a la solución escogida en la sección de equipamiento de red.

Se ha escogido la solución NMS (Network Management Suite) del propio fabricante (Enterasys Networks). La justificación de esta elección se basa en los siguientes aspectos:

- Una solución basada en el fabricante explota mejor los recursos de los equipos (funcionalidades propietarias).
- Interface fácil de utilizar hecho que reduce la necesidad de especialización de los administradores.
- Plataforma global que mejora la eficiencia y automatiza ciertas funcionalidades, mejorando la eficacia.
- Es válida para equipos no propietarios debido a la integración en SNMP
- La plataforma cuenta con aplicaciones integradas que dan valor añadido a la solución. Los más destacables son los siguientes:
  - NMS Console: Consola en formato cuadro de mando que nos permite tener una información global de manera simplificada.
  - NMS Policy Manager: Herramienta para la creación y gestión automatizada de políticas de rendimiento.
  - NMS Automated Security Manager: Gestor de políticas de seguridad a nivel global, que puede responder de manera automatizada a cualquier incidencia, evitando una degradación del servicio de red.

- NMS Network Access Control (NAC) Manager: Gestor de políticas de usuario. Este aplicativo puede crear perfiles a nivel de usuario y gestionar los recursos en función de este perfil.
- NMS Inventory Manager: Herramienta que permite disponer de un inventario de equipos y reportar su rendimiento y parámetros más importantes. Esta herramienta sería un complemento de Nagios pero no es sustituible.

Como se puede observar es una solución de gran valor añadido y que permite minimizar notablemente la administración de los equipos de red.

## 5.9. Infraestructura

### Introducción

En este apartado se presenta el diseño de la infraestructura de cableado que soporta toda la plataforma de servicios, equipamiento y red de comunicaciones. A su vez se hace una valoración general del acondicionamiento de todos los sistemas en el CPD. Su definición, al igual que las demás capas del diseño, ha de ser capaz de dar respuesta a los requerimientos impuestos por las capas o estratos superiores.

En este apartado se define tres grandes áreas; diseño y acondicionamiento del CPD, reestructuración del cableado interno del ayuntamiento y conexión y adaptación de los equipamientos municipales.

### 5.9.1. Diseño y acondicionamiento del CPD

Como se ha presentado en la descripción del escenario de partida no hay definida ninguna ubicación destinada a CPD, los servidores y elementos de comunicación están ubicados en zonas de trabajo sin ningún tipo de medida de seguridad y acondicionamiento. Esto es un problema muy grave tanto desde el punto de seguridad como de fiabilidad, además de no ser recomendable de cara a la ergonomía y adecuación del puesto de trabajo.

Por esta razón se ha establecido una ubicación específica para estos sistemas y se han dictaminado una serie de especificaciones mínimas que ha de cumplir el acondicionamiento de esta nueva zona que a continuación se detallan.

### Emplazamiento del nuevo CPD

Para el emplazamiento del CPD se ha escogido una zona situada en los bajos del edificio central del Ayuntamiento. Esta zona tiene un espacio de 25m<sup>2</sup> de superficie y aproximadamente 3m de altura. Esta ubicación está libre de canalizaciones de agua o desagües que puedan suponer un peligro para los sistemas allí alojados. Este emplazamiento no dispone de ningún tipo de servicio (electricidad, agua, gas, red, telefonía...). Sus paredes están realizadas en obra y la pared que limita al fondo es un muro de contención de todo el edificio.

### Acondicionamiento

La ubicación antes definida ha de ser acondicionada según unas normas básicas de seguridad que a continuación se especifican:

- *Acceso:* El acceso ha de ser gracias a una puerta RF que cumpla con las especificaciones en materia de usabilidad y seguridad (Fuego, inundación,...) y ha de incorporar su correspondiente cerradura y llave.
- *Sistemas de detección de incendios:* La ubicación ha de incorporar un sistema de detección de incendios conectado a la central de alarmas del ayuntamiento.
- *Sistemas de extinción de incendios:* La ubicación al menos ha de contar con un sistema manual de extinción de incendios especial para instalaciones informáticas (CO2).
- *Sistema de climatización:* El emplazamiento ha de contar con un sistema de climatización independiente para preservar el ambiente idóneo (temperatura y humedad). Las características de este sistema han de ser valoradas en función de los elementos alojados y sus especificaciones de funcionamiento óptimos. Este estudio ha de elaborarse por una empresa especializada.



- Estanqueidad: La estanqueidad de la ubicación ha de ser implementada y disponer de un sistema de evacuación de líquidos en caso de inundación.
- Sistemas de protección eléctricos: La ubicación ha de disponer de una instalación eléctrica independiente que cuente con los siguientes elementos con características específicas para el servicio:
  - Cuadro eléctrico independiente
  - Magneto térmicos
  - Diferenciales de curva lenta (en caso de arrancada del sistema)
  - Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)
- Sistema de iluminación de emergencia: La sala ha de contar con un sistema de iluminación de emergencia y debe a su vez, tener señalizado la salida de emergencia con distintivos específicos. Esta señalización ha de ser consecuente con el plan de evacuación del propio edificio.
- Canalización: Se ha de prever una canalización de acometida de todos los servicios que contenga el CPD, es decir canalización de cableado de red corporativa y alimentación eléctrica, que habrán de estar separados según la normativa vigente en esta materia.

Así mismo el acceso a esta ubicación debe ser restringido al personal estrictamente involucrado con el servicio TIC y en su defecto cualquier persona ajena a de ser acompañado por una persona responsable.

Todas estas especificaciones han de ser acompañadas por un protocolo de contingencia que contemple las acciones a seguir en caso de cualquier tipo de incidencia.

### Disposición del equipamiento

Una vez diseñado el acondicionamiento de la ubicación destinada al CPD ha de especificarse la forma y manera en que los sistemas diseñados en este proyecto han de ser instalados.

Todos los elementos antes descritos se han escogido con el objetivo de ser instalados en un Rack o armario de sistemas. Debido a la especialización del equipamiento se ha

establecido dos tipos de Racks, uno para alojar todos los sistemas de comunicaciones y un segundo para los servidores a continuación se detallan las características mas destacadas.

#### Rack de comunicaciones

- Tipo bastidor (mejora la ventilación)
- Dimensiones: 603mm ancho, 412mm fondo y 2135mm alto
- Capacidad: 42 U (unidades Rack)
- Accesorios
  - Dos regletas de alimentación tipo POLTI (18 tomas)
  - Paneles Guía cables
  - Guía cables laterales

#### Rack Servidores

- Tipo bastidor (mejora la ventilación)
- Dimensiones: 600mm ancho, 1000mm fondo y 2108mm alto
- Capacidad: 42 U (unidades Rack)
- Accesorios
  - Dos regletas alimentación POLTI (18 tomas)
  - Bandeja extraíble con monitor TFT de consola
  - Switch KVM para monitorización de equipos

A continuación se muestra un gráfico con la disposición de los Racks y su organización.

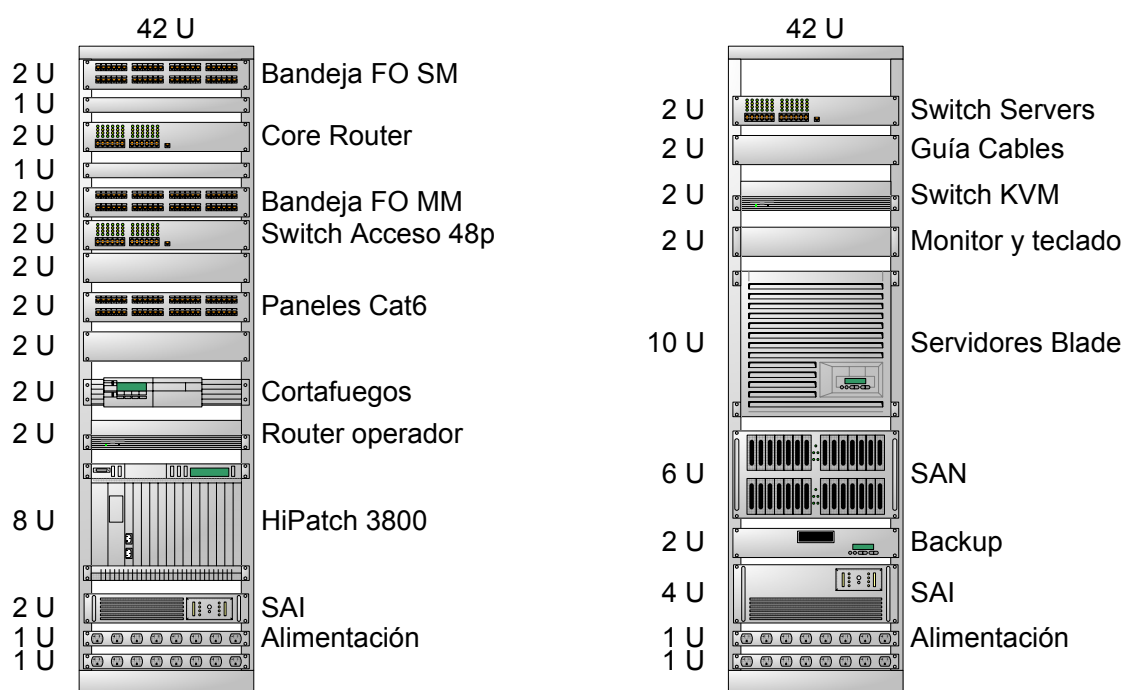


Diagrama de bastidores

### 5.9.2. Reestructuración del cableado

En cualquier escenario TIC la remodelación de la infraestructura de cableado supone una gran inversión e interfiere en gran medida en la operativa de cualquier institución pública o privada. En el caso concreto de un Ayuntamiento resulta especialmente problemático ya que se ha de asegurar un servicio continuado en Pro del ciudadano. Por lo tanto un cambio de este nivel necesita de una justificación más allá de la funcionalidad y mejora de servicios. En el escenario que describe este proyecto se ha contemplado la posibilidad de una reestructuración basándose en las obras de remodelación del consistorio. Esta razón hace viable un cambio de este tipo ya que es una circunstancia idónea.

En el entorno que describe este proyecto y en función de las especificaciones impuestas por los servicios se integran dos tipos de cableado; cableado estructurado de acceso y el cableado troncal basado Fibra Óptica (FO).

#### Cableado estructurado o de acceso

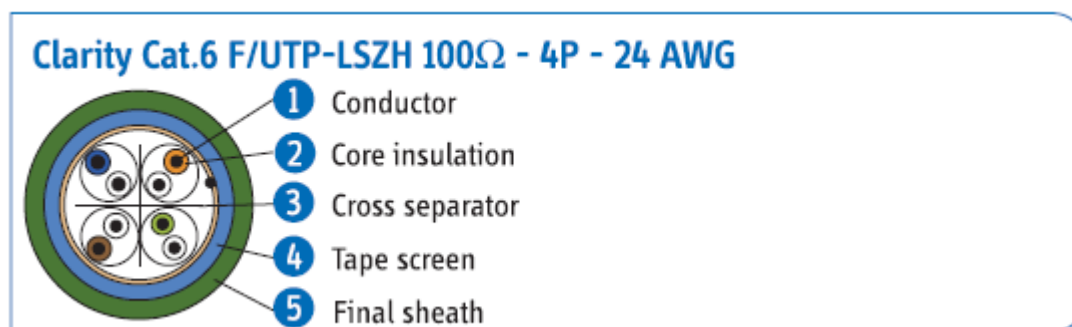
El cableado de acceso, comúnmente llamado estructurado se define como la infraestructura de cable que da conectividad a los usuarios de red. Es cableado permite conectar los diferentes equipos de usuario y dispositivos (impresoras,

escáner, equipos multifunción...). A continuación se presenta la relación de elementos de este sistema.

### Cableado

Este es el elemento más destacado de la infraestructura. Se ha elegido para este proyecto un cableado de tipo FTP (Foiled Twisted Pair) y basado en el estándar Cat 6. Las características de este cableado son las siguientes:

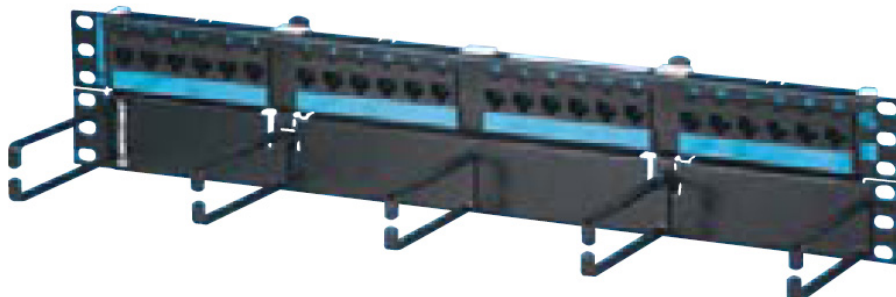
- 4 Pares de cables de cobre unifilares entrelazados
- Separador interno de plástico
- Cubierta interna metálica flexible (Pantalla)
- Recubrimiento plástico aislante.
- Índice 24 según norma AWG



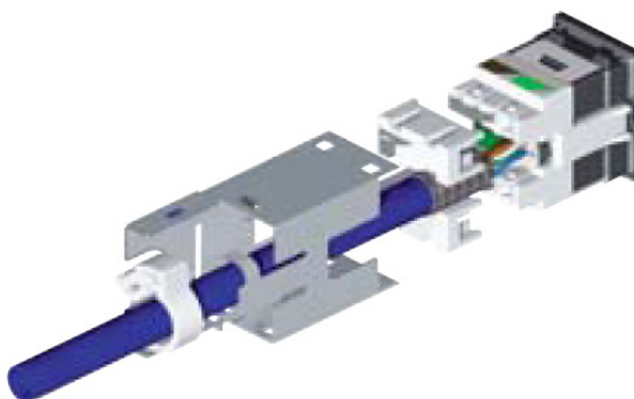
Sección del cable

### Paneles de parcheo

Estos paneles están basados en conectores RJ45 hembra convenientemente panelizados en formato de 19" para Racks. Suelen presentarse en unidades de 24. Siguen la certificación Cat 6.



Detalle de un panel de conexionado



Detalle conexionado de los conectores

#### Tomas de usuario

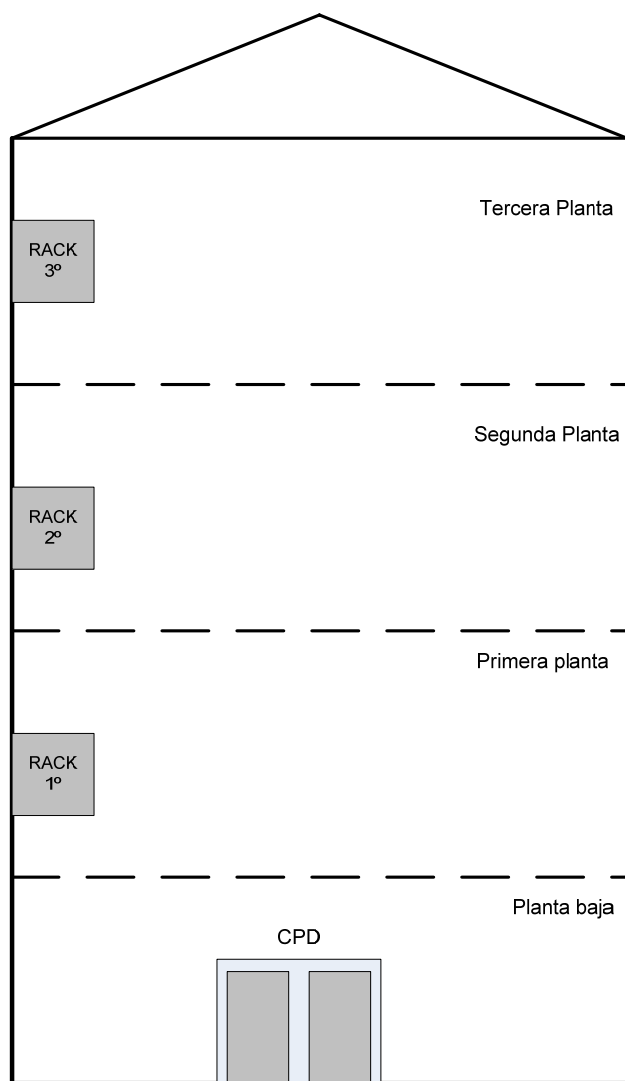
Conectores RJ45 hembra integrados en cajas de usuario. Cumple la norma Cat 6



Caja y conector toma de usuario

#### Acondicionamiento

Los diferentes paneles de conexionado estarán distribuidos en Racks de mediana altura dispuestos convenientemente. A continuación se presenta un gráfico de la instalación.



Esquema edificio central

Como se puede observar se ha distribuido un Rack por planta que dará servicio a las tomas de usuario de cada una de estas plantas.

Estos Racks tienen las siguientes características:

- Tipo: armario mural
- Dimensiones: 603,5mm altura, 608,58mm anchura y 416,56mm profundidad con puerta y llave
- Capacidad 11U (Unidades Rack)
- Accesorios:
  - Toma tipo Polti de 8 conectores
  - 2 Paneles 24 tomas RJ45 Cat 6
  - 2 Guía Cables

## Equipamientos municipales

Una de las especificaciones establecidas para este proyecto era la difusión de los servicios a los equipamientos municipales señalados. Para ello se ha de establecer una infraestructura que acoja la conexión entre los edificios. Esta infraestructura se detalla brevemente a continuación.

### Teatro municipal

En este emplazamiento se ha decidido instalar un Rack mural idéntico a los Racks de servicios de planta.

### Sala multicultural, Biblioteca y Gimnasio

Estos emplazamientos tienen la característica de estar situados en el mismo edificio. La sala multicultural ya dispone de un Rack mural de características similares a los diseñados para el edificio central. En este caso únicamente se ha de instalar los paneles de parcheo, el cableado y las tomas de usuario en la biblioteca y el gimnasio en función de los equipos informáticos que se desee integrar en la red municipal.

### 5.9.3. Cableado troncal

El cableado troncal se define como la estructura física que conecta los diferentes Racks de servicio con el núcleo de la red corporativa o *Core*.

Este tipo de estructura concentra todo el tráfico de voz y datos desde los conmutadores de acceso. Por lo tanto el medio a de ser capaz de soportar todo este tráfico y mantener las características de ancho de banda, latencia y Jitter entre otras.

Para este tipo de estructura se ha establecido un medio basado en FO como solución más adecuada.

Dentro de los tipos de FO podemos encontrar dos grandes grupos mono modo (SM) o multi modo (MM). Para la infraestructura interna se ha establecido una FO del tipo MM por las siguientes razones:

- Facilidad de instalación
- Coste inferior de la instalación y materiales
- Coste inferior de los elementos de conversión (SPF)

- Longitud inferior a 250m.

Las características más destacadas de este tipo de fibra son:

- Norma OM3 (ISO 11801)
- Dimensiones 50/125  $\mu\text{m}$  (núcleo/revestimiento)
- Cubierta tipo LSZH (libre de alógenos)
- Manguera de agrupación de 2 a 24 fibras

### Diseño de trazado y elementos

El trazado de esta infraestructura básicamente se establece entre cada uno de los Racks de servicio alojados en cada planta y el Rack de comunicaciones situado en el CPD. La razón es que la agregación de fibra se hace en el Core de red (Router).

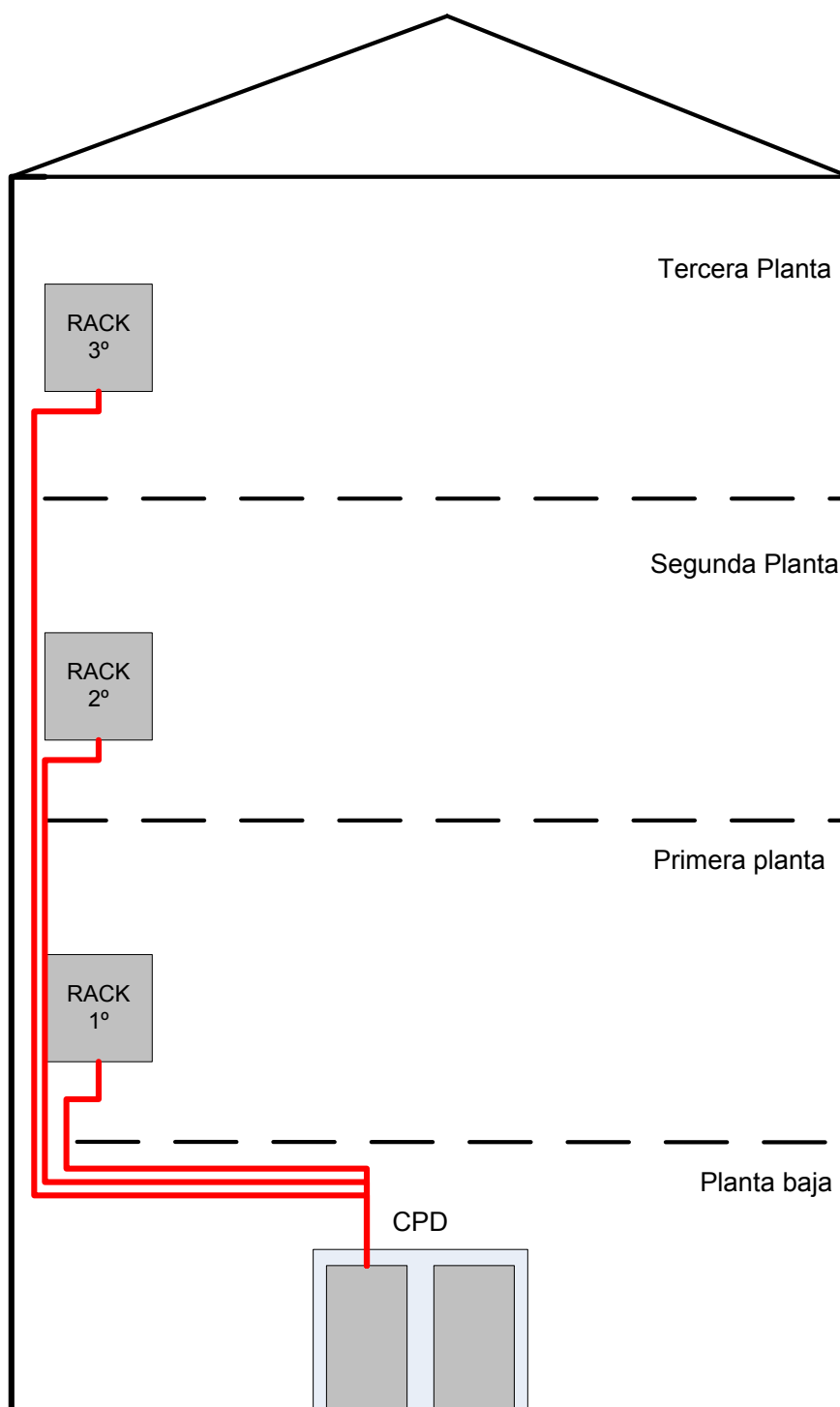
Para esta trazado se ha designado los siguientes elementos:

- 1 Bandeja de 24 conectores tipo ST (Rack CPD)
- 3 Mangueras de 6 fibras (una para cada Rack de planta)
- 3 Bandeja de 8 conectores tipo ST (uno para cada Rack de planta)
- 18 Latiguillos ST-LC para la conexión con los elementos de red

Cabe destacar que cada conexión entre el Rack de servicio de planta y el Rack del CPD utiliza 2 fibras ópticas como enlace (RX/TX). Se ha sobre dimensionado la estructura para posibles ampliaciones futuras ya que el coste residual de la instalación es mínimo,

A continuación se muestra un gráfico de la distribución en alzado.





Trazado de la troncal de FO

#### 5.9.4. Interconexión de los equipamientos municipales

Como una de las premisas impuestas en este proyecto se establecía la difusión de los servicios a todos los equipamientos municipales cercanos. En este apartado se hace una breve discusión sobre las posibilidades de interconexión entre los diferentes edificios para posteriormente seleccionar una solución y su diseño.

La distancia geográfica (> 100m) hace descartar una conexión utilizando cableado estructurado. Por lo tanto se ha de elegir otro tipo de interconexión más viable.

En distancias inferiores a 500m y en las que no hay elementos geográficos difíciles de salvar se dispone de varios tipos de conectividad, principalmente podemos hablar de dos tipos; no guiadas donde el elemento de transporte es el aire y las guiadas basadas en FO.

##### Sistemas de interconexión no guiado

Como se ha podido apreciar en el apartado del estado del arte hay diferentes tecnologías de enlaces aéreos o radio enlaces, de los cuales podemos destacar la tecnología WiFi y Wimax.

Estas dos tecnologías no necesitan ninguna licencia en el espectro radioeléctrico público ya que operan en banda libre de 2,4 Ghz y 5 Ghz para WiFi y de 5,8 Ghz para Wimax (banda liberada).

Sus características de ancho de banda son similares, en torno a los 108Mbps, (en sistemas WiFi se obtiene según el borrador de la norma IEEE 802.11n).

Las ventajas principales son:

- Facilidad de instalación
- Sin necesidad de obra civil
- Multitud de productos y fabricantes
- Rápida integración con los sistemas cableados
- Integración de los estándares más utilizados
  - Protocolo 802.1Q (VLAN)
  - Protocolo QoS
  - Protocolo 802.3af (PoE) Power over Ethernet

Como se puede observar es un sistema rápido, económico y sencillo para la interconexión entre edificios próximos.

Pero dentro del ámbito de este proyecto cuenta con una serie de desventajas que hacen que esta solución sea inadecuada. A continuación se detallan.

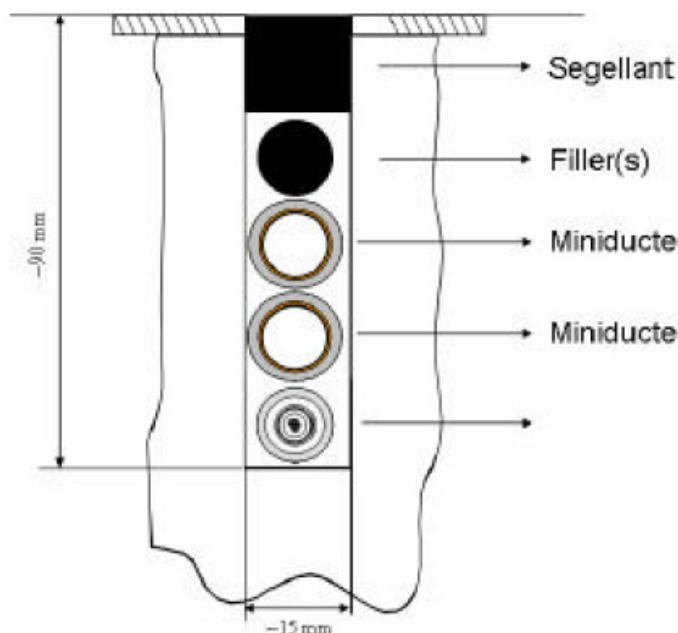
- Prestaciones limitadas: En aplicaciones multimedia las condiciones de ancho de banda y retardo son exigentes.
- Fiabilidad: Son elementos sensibles a las inclemencias atmosféricas como lluvia, nieve y viento que reducen significativamente sus prestaciones.
- Seguridad: Los sistemas aéreos pueden ser fácilmente sabotados por animales o personas, al contrario de sistemas guiados que discurren por el subsuelo.
- Escalabilidad: Son sistemas que no tienen escalabilidad ya que por norma general los nuevos protocolos que implementan nuevas funcionalidades requieren del cambio de hardware.

### Sistemas de interconexión guiado

Los sistemas de interconexión guiados se basan principalmente en la FO como medio de transmisión. Sus beneficios y prestaciones hacen de esta solución una de las más utilizadas en aplicaciones de alto rendimiento y alta seguridad.

Aunque el coste del material y la conectorización no es mucho más elevado que los sistemas basados en cableado estructurado, los costes en obra civil encarecen exponencialmente esta solución. Por esta razón su utilización debe estar muy justificada.

Pero como hemos observado en el estado del arte actualmente se dispone de nuevas tecnologías que permiten reducir drásticamente los costes y molestias de la obra civil. Es el caso de la tecnología Microtreching o microzanja. Esta tecnología se basa en la realización de una zanja de dimensiones reducidas gracias a una sierra circular (radial). A continuación se muestra un gráfico de la sección transversal de la zanja.



Corte transversal de la microzanja

Este sistema permite alojar hasta 3 mangueras especiales de fibra con hasta 288 fibras y un diámetro máximo de 19mm.

Gracias a los beneficios aportados por esta tecnología y preservando los requerimientos impuestos en este proyecto, se ha elegido esta solución como la mas idónea para la implementación.

### Cableado utilizado

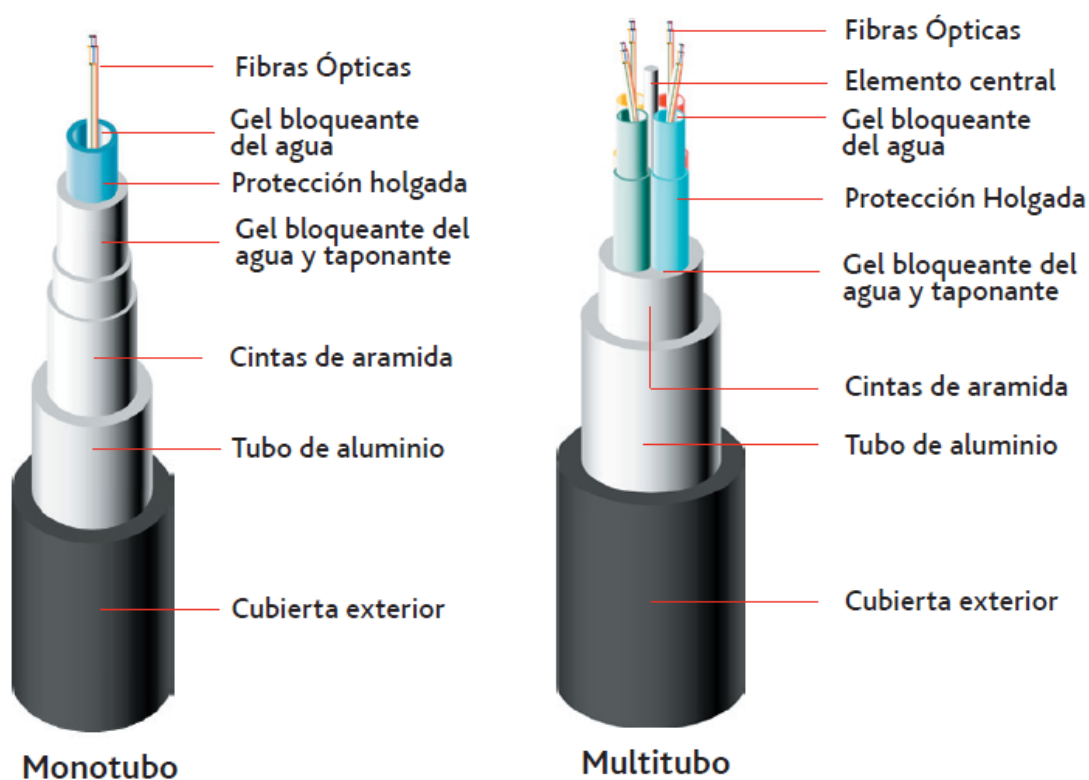
La utilización de esta técnica va acompañada no solo de la elección del tipo de fibra óptica, si no que además del tipo de protección de esta.

Para esta infraestructura se ha elegido un tipo de cableado con unas características de resistencia superiores a las de una infraestructura basada en obra civil ya que su profundidad la hace más vulnerable al tráfico rodado y temperaturas entre otros inconvenientes. Este tipo de cableado diseñado por la empresa Prysmian recibe el nombre de Headrow. Entre sus características podemos destacar:

- Cable impermeabilizado capaz de estar totalmente sumergido
- Armadura de aluminio con una de resistencia al aplastamiento máxima de hasta 1000Kg por cada 10 cm
- Resistente a roedores

- Capacidad de hasta 288 fibras con un diámetro total de 19mm
- Tipos de fibra MM y SM

A continuación se muestra un gráfico de construcción de este tipo de cable.



### Fibra utilizada

Como se ha observado el cable Headrow es la solución óptima para la tecnología de microzanja, y este permite integrar una gran gama de tipos de fibra óptica.

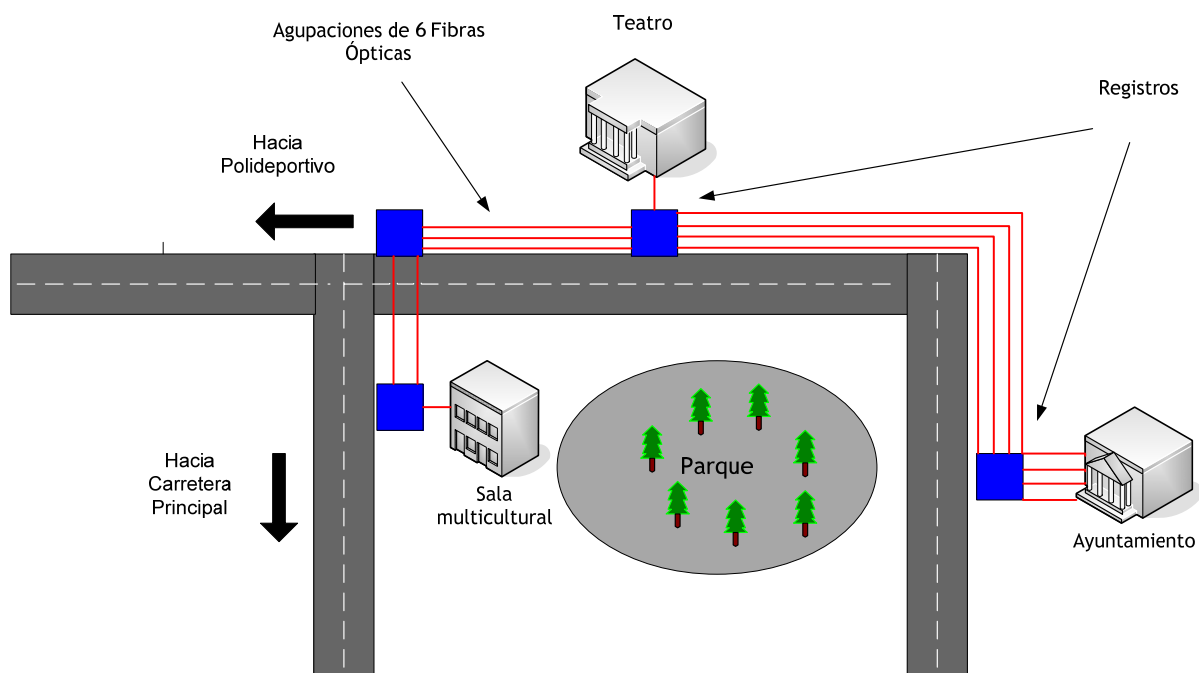
Para este proyecto se ha establecido una configuración de 24 fibras monomodo con las siguientes características:

Parámetro	Valor
Norma	ITU-T G652
Dim. (núcleo/revestimiento)	8.6-9.5 $\mu\text{m}$ / 125 $\mu\text{m}$
Coeficientes de atenuación	
1310 nm (típico/máximo)	< 0,34/0,36 dB/km
1550 nm (típico/máximo)	< 0,20/0,22 dB/km
1625 nm (típico/máximo)	< 0,23/0,25 dB/km
Coeficientes de dispersión	
1310 nm	< 2,8 ps/(nm·km)
1550 nm	< 18 ps/(nm·km)
1625 nm	< 22 ps/(nm·km)
Dispersión del modo polarizado	< 0,1 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

La ventana utilizada para este tipo de fibra se ha escogido como la de 1310 nm.

## Diseño del trazado e instalación

El diseño del trazado y los diferentes accesos o registros ha de ser diseñados de una manera coherente y en garantizando futuras ampliaciones. Para ellos se ha dispuesto una configuración radial con origen en el CPD y que llega a los diferentes edificios además de disponer de fibras de reserva para poder ser conectadas en futuras ampliaciones. A continuación se muestra un gráfico que muestra la topología del trazado.



Topología del trazado

En el gráfico se observan el trazado del cable y una serie de registros que contienen las diferentes cajas de empalmes de FO. Esta configuración deja dos vectores de ampliación hacia la zona polideportiva y hacia la carretera principal, dejando 6 fibras en cada vector para futuras ampliaciones o conexiones con redes públicas. Así mismo estas cajas de empalmes permiten variar la distribución de la FO.

La acometida de los cables en los edificios llega hasta los rack de servicio y se instalan en las bandejas de fibra. A continuación se muestra los elementos necesarios en cada Rack.

#### Rack de comunicaciones CPD

- Bandeja de FO con 24 conectores ST para SM
- Guía cable

#### Rack de servicio Teatro

- Bandeja de FO con 8 conectores ST para SM
- Guía cable

### Rack de servicio sala cultural

- Bandeja de FO con 8 conectores ST para SM
- Guía cable



## 6. Planificación



## 6.1. Introducción

Un proyecto de estas características y en un ámbito como el municipal, requiere una planificación coherente y bien definida ya que toda la operativa de trabajo depende de los sistemas TIC.

En este apartado se presenta una planificación aproximada para el despliegue de este proyecto. Cabe señalar que un Ayuntamiento es un entorno muy especial donde los tiempos de ejecución son muy dilatados y los cambios han de estar muy estudiados para evitar interferir gravemente en los servicios públicos. Son entornos muy personalizados y complejos donde la tarea de los consultores es tremendamente laboriosa.

Para la organización de la implementación se ha definido una serie de fases con sus correspondientes objetivos y requerimientos. Estos requerimientos verifican que los objetivos marcados en cada una de las fases se cumplen y permiten abordar las siguientes fases con garantías de éxito. A continuación se detallan las diferentes fases de este proyecto, sus objetivos y una estimación temporal aproximada de ejecución.

## 6.2. Fases

### 6.2.1. Fase 0 Preliminar

#### Objetivo

El objetivo de esta fase es valorar el presupuesto y la planificación del proyecto junto a los responsables municipales, y elevarlo a junta de gobierno par su aprobación.

Para esta fase es necesario disponer de un presupuesto específico de todos los ítems que intervienen en este proyecto, y su total planificación dispuesta en elementos independientes o fases con una estimación temporal.

A si mismo se ha de designar un equipo de ingeniería formado por: un director de proyecto, un consultor especializado y un responsable de obra.

Por parte del ayuntamiento, un responsable de proyecto, el responsable de servicios TIC y un operador de sistemas de servicios TIC. Este equipo ha de disponer de poder de decisión.

### 6.2.2. Fase 1 Conexión de los equipamientos municipales

#### Temporización

4 semanas

#### Objetivo

El objetivo es la interconexión de los equipamientos municipales descritos en este proyecto con mediante FO.

#### Ítems a realizar

- Adecuación del CPD (climatización, Racks y todas las medida descritas en el diseño)
- Verificación del trazado y material necesario.
- Preparación de las ubicaciones y adecuación de los Racks.
- Instalación de los registros (arquetas) y acometidas necesarias.
- Previsión vial.
- Instalación del cableado de FO mediante la técnica de Micro zanja.
- Fusión, conectorización y etiquetado de las fibras.
- Comprobación de la instalación (Isometría, certificaciones, anchos de banda...).
- Entrega de documentación de la instalación.

#### Resultados

Instalación completa del sistema de interconexión y toda la documentación de la instalación (pruebas, diseño, trazado, inventariado...).

### 6.2.3. Fase 2 Instalación del cableado interno del ayuntamiento

#### Temporización

10 semanas

#### Objetivo

El objetivo de esta fase es remodelar el cableado estructurado del edificio central, instalar los nuevos Racks y el despliegue de la red troncal de FO. Todo esto de forma paralela a la red actual.

#### Ítems a realizar

- Instalación de los nuevos Racks de planta.
- Despliegue del nuevo cableado estructurado (paneles, tomas de usuario,...)
- Despliegue de la nueva troncal de FO
- Conectorización de ambas infraestructuras y etiquetado
- Certificación y pruebas de rendimiento.
- Entrega de documentación (Certificaciones, medidas, planos, inventariado,...)

#### Resultados

En esta fase se debe recepcionar toda la instalación de la infraestructura estructurada y troncal, unido a toda la documentación del proyecto.

### 6.2.4. Fase 3 Instalación de los equipos de conmutación

#### Temporización

4 semanas

#### Objetivos

Los objetivos de esta fase son la instalación de los nuevos equipos de acceso (incluidos las sedes remotas) y el enrutador principal de la red.

#### Ítems a realizar

- Configuración básica de los conmutadores (nombre, IP de gestión, ...)
- Configuración básica del enrutador o core de la red.

- Instalación en los Racks
- Etiquetado e inventariado de los equipos
- Conexión con la troncal de FO de todos los elementos.
- Puesta en marcha y comprobación de la conectividad.
- Realización de la documentación.

## Resultados

El resultado de esta fase es disponer de la nueva estructura de acceso y la configuración de forma transparente, es decir sin la creación de VLAN'S y direccionamiento, emulando la red actual. En esta fase se ha de recepcionar el inventariado y la documentación que proceda.

### 6.2.5. Fase 4 Migración de los usuarios a la nueva red

#### Temporización

2 semanas

#### Objetivos

En esta fase el objetivo es trasladar todos los usuarios, servidores y dispositivos a la nueva red. Para ello ha de planificarse toda la operativa de migración y un paro de sistemas durante horas ajenas al servicio, por ejemplo un fin de semana. La migración ha de ser transparente tanto para los usuarios como para el resto de sistemas (servidores, impresoras,...) ya que no es necesario un cambio de direccionamiento.

#### Ítems a realizar

- Planificación del paro total de sistemas (fin de semana)
- Migración de los servidores al CPD
- Migración de los equipos a la nueva red
- Conexión de las sedes remotas (equipamientos municipales)
- Comprobación del funcionamiento de todos los sistemas
- Inventariado y etiquetado de las nuevas tomas de usuarios, equipos,...
- Creación de toda la documentación pertinente.

## Resultados

Al finalizar esta fase se tendrá operativa la nueva LAN y conectados las sedes remotas. En la sala cultural se creará dos VLAN a nivel de Switch para separar los equipos de formación, de los equipos de los técnicos municipales, evitando fallos de seguridad. Esta fase se acompañará de la documentación correspondiente.

### 6.2.6. Fase 5 Instalación del sistema de telefonía

#### Temporización

4 Semanas

#### Objetivo

El objetivo de esta fase es el despliegue de la nueva plataforma de telefonía IP. Previamente al inicio de esta fase se ha de gestionar con el operador de telefonía la migración de las RDSI a un primario y la inclusión de las líneas pertenecientes a las sedes remotas en dicho primario Paralelamente se hará la configuración de la centralita y las consiguientes configuraciones de la electrónica de red.

#### Ítems a realizar

- Contratación del primario y planificación del despliegue
- Instalación y configuración de la centralita
- Configuración de la electrónica de red
- Instalación de los nuevos teléfonos en todas las sedes
- Formación a los usuarios y creación de un manual
- Pruebas de llamadas internas y monitorización de la red
- Instalación de primario (sin poner en explotación) y configuración en la centralita
- Migración de las RDSI al primario.
- Comprobación del funcionamiento
- Inventariado y etiquetado
- Creación de la documentación correspondiente.

## Resultados

Los resultados de esta fase son únicamente disponer de la nueva plataforma de telefonía IP en explotación y la formación de los usuarios.

### 6.2.7. Fase 6 Instalación de la infraestructura de servidores y SAN

#### Temporización

3 semanas

#### Objetivos

El objetivo de esta fase es la instalación y configuración básica de la nueva plataforma de servidores, la red de almacenamiento (SAN) y el sistema de Backup.

#### Ítems a realizar

- Instalación del chasis Blade
- Instalación de los servidores
- Instalación de los componentes de conectividad con la SAN
- Instalación de la SAN.
- Instalación de la Backup.
- Configuración básica de todos los elementos.
- Conexión a la red corporativa
- Pruebas de funcionamiento
- Inventariado y etiquetado de todos los sistemas.
- Creación de la documentación pertinente.

#### Resultados

Al finalizar esta fase se deberá tener en funcionamiento la nueva plataforma de servidores y la SAN. La configuración de la Backup deberá ser pospuesta hasta disponer del servidor virtualizado de seguridad para la instalación del software de gestión.

### 6.2.8. Fase 7 Creación de la plataforma virtual

#### Temporización

2 semanas

#### Objetivo

En esta fase se configurará la plataforma de virtualización y el sistema de gestión de dicha plataforma.



### Ítems a realizar

- Instalación de Virtual center de VMware y todas las soluciones (HA, DRS, Vmotion,...)
- Configuración de la plataforma
- Integración de la SAN
- Creación de servidores de prueba
- Completo set de pruebas
- Formación del personal de administración
- Inventariado y etiquetado
- Documentación de pertinente.

### Resultados

A la finalización de esta fase se ha de disponer de la plataforma virtual totalmente operativa y la formación del personal de administración del ayuntamiento.

## 6.2.9. Fase 8 Reorganización y migración de los servicios.

### Temporización

12 semanas

### Objetivo

El objetivo de esta fase es la organización de todos los servicios en las US correspondientes según el diseño establecido en este proyecto. Y posteriormente migrarlos a los nuevos equipos virtuales. Este proceso debe ser planificado exhaustivamente ya que un error puede suponer el colapso del ayuntamiento.

### Ítems a realizar

- Análisis minucioso de todos los servicios y dependencias.
- Reorganización en las US correspondientes.
- Planificación de las migraciones y sus correspondientes contingencias sin afectar en lo posible a la operativa del consistorio.
- Migración paulatina de los servicios a los servidores correspondientes.
- Creación de las nuevas estructuras.
- Puesta en marcha del sistema de Backups

- Puesta en marcha de todas las funcionalidades de alta disponibilidad de la plataforma virtual
- Pruebas de validación de la nueva estructura.
- Inventariado y documentación correspondientes.

## Resultados

Una vez realizada esta fase se ha de disponer de la nueva plataforma de servicios plenamente operativa.

### 6.2.10. Fase 9 Creación de las zonas de seguridad

#### Temporización

10 semanas

#### Objetivos

En esta fase se ha de crear toda la estructura de zonas de seguridad, la segmentación y direccionamiento, las normas de seguridad y relación entre zonas y los sistemas de comunicación externos (WAN).

#### Ítems a realizar

- Segmentación y direccionamiento de la red corporativa.
- Configuración de DNS y DHCP
- Creación de las políticas entre segmentos VLAN'S.
- Instalación del equipo de seguridad (cortafuegos).
- Creación de las zonas y las políticas de seguridad (DMZ, LAN, WAN).
- Comprobación de las políticas y tránsito de datos.
- Puesta en explotación
- Contratación de los servicios de conectividad (líneas, caudales, direccionamiento público,...)
- Instalación de los nuevos servicios y configuración de las demás zonas (red de DIBA).
- Pruebas de funcionamiento y monitorización de todo el sistema
- Inventariado y etiquetado de todos los sistemas.
- Documentación necesaria.

## Resultado

Una vez realizada esta fase todos sistemas TIC deben estar completamente operativos.

### 6.2.11. Fase 10 Análisis del Proyecto y conclusiones

## Temporización

2 semanas

## Objetivos

Esta es la última fase del proyecto y tiene como objetivo hacer una valoración global del proyecto.

## Ítems a realizar

- Análisis de todas las fases y las posibles desviaciones.
- Resultados conseguidos.
- Elaboración de un plan de mantenimiento.
- Elaboración de la memoria del proyecto.
- Cierre del proyecto.

## Resultados

Los resultados de esta fase es el cierre y aceptación del proyecto por parte todos los actores implicados.



## 7. Valoración Económica



En este apartado se presenta una valoración aproximada del proyecto. Esta valoración se ha establecido con precios de mercado y las horas de ingeniería se han establecido a partir del precio de la Universitat Politècnica de Catalunya y según la planificación.

Se ha establecido una distribución en partidas que engloba las aéreas temáticas, así como una división temporal. Esta división tiene como objetivo poder distribuir el gasto a lo largo de diferentes ejercicios fiscales, ya que una inversión de este tipo no es asumible como presupuesto anual de una administración local de estas características.

En la descripción de los elementos de cada partida se establecen los elementos más significativos.

## 7.1. Partidas

### 7.1.1. Interconexión de edificios

En esta partida se incluyen todos los elementos necesarios para la interconexión de los edificios remotos, así mismo se ha de prever el acondicionamiento del CPD para la instalación de todos los elementos de infraestructura. Todos los elementos de construcción y albañilería se han omitido ya que son ejecutados por la brigada municipal.

Partida Conexionado	Precio (€)
Prismyan	26.000
Rack comunicaciones	1.200
Climatización	8.000
SAI	2.000
Sistemas de detección	1.200
Sistemas contra incendios	1.000
Rack Teatro	800
<b>Total</b>	<b>42.000</b>

### 7.1.2. Infraestructura Ayuntamiento

Esta partida está diseñada para remodelar toda la red estructurada e instalar la troncal de fibra Óptica en el edificio central del Ayuntamiento.

Partida infraestructura Ayuntamiento	Precio (€)
Cableado estructurado	15.000
Racks plantas	1.800
Troncal de fibra	10.000
<b>Total</b>	<b>27.000</b>

### 7.1.3. Electrónica de red

En esta partida se incluye todo el equipamiento de la LAN así como el equipamiento de las sedes remotas.

Partida Electrónica de red	Precio (€)
Router LAN	8.000
3 Switch acceso	10.500
1 Switch Servidores	3.500
2 Switch (Teatro+ Sala multicultural)	8.000
Configuración/instalación	3.000
<b>Total</b>	<b>33.000</b>

### 7.1.4. Telefonía IP

Esta partida engloba toda la plataforma de telefonía IP. Se ha diseñado para 60 usuarios siguiendo las especificaciones de este proyecto.

Partida Telefonía IP	Precio (€)
Centralita Simenes HiPatch 3800	22.000
60 Teléfonos OptiPoint 410	12.000
Configuración/instalación	6.000
<b>Total</b>	<b>40.000</b>



### 7.1.5. Plataforma de servidores y Virtualización

Esta partida está destinada al montaje y configuración de la plataforma de virtualización. En ella también se incluye el almacenamiento, el sistema de Backup y el software necesario.

Partida Plataforma Servidores	Precio (€)
Chasis Blade c7000	8.900
3 Servidores Virtualización	12.500
1 Servidor administración	3.000
SAN	26.000
Backup	6.500
Plataforma Vmware	10.500
Sistemas Operativos (Win 2008)	3.400
Software Backup	6.300
SAI	3.000
Configuración/instalación	16.500
<b>Total</b>	<b>87.500</b>

### 7.1.6. Plataforma Internet

Esta partida engloba el equipamiento destinada a soportar la plataforma de Internet.

Partida Plataforma Internet	Precio (€)
Contafuegos	2.000
Router	2.500
Configuración/instalación	2.000
<b>Total</b>	<b>6.500</b>

### 7.1.7. Ingeniería

En esta partida se contempla el coste de un equipo de ingenieros formado por un director de obra y un consultor (Ingenieros Técnicos) y un ingeniero superior (Ingeniero Superior). Se han establecido una estimación aproximada de horas/hombre y un precio basado en el estándar de precios de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Partida Ingeniería	Precio (€)
Director de Obra 350h x 40€/h	14.000
Consultor 150h x 40€/h	6.000
Director de proyecto 50h x 60€/h	3.000
<b>Total</b>	<b>23.000</b>

## 7.2. Coste total del proyecto

A continuación se muestra una tabla resumen con todas las partidas de este proyecto.

Total Partidas	Precio (€)
Partida conexionado	42.000
Partida Red Ayuntamiento	27.000
Partida Electrónica de red	33.000
Partida Telefonía IP	40.000
Partida Plataforma Servidores	87.500
Partida Plataforma Internet	6.500
Partida Ingeniería	23.000
<b>Total Proyecto</b>	<b>259.000</b>

## 8. Conclusiones



En este capítulo se hace una valoración global del proyecto, basándose en el análisis de los objetivos conseguidos y las singularidades respecto a la realización de este.

## 8.1. Objetivos del proyecto

Los objetivos planteados al inicio de este proyecto se han cumplido en su totalidad. Los diferentes ítems significativos de este proyecto se han abordado con rigor, disponiendo de un diseño que da cabida a las diferentes soluciones necesarias para la consecución exitosa de este estudio. A continuación se presenta una relación de estos, dividida en áreas temáticas.

### 8.1.1. Organización de servicios

Partiendo de una situación caótica donde los servicios no estaban organizados ni dimensionados para las necesidades actuales, se ha llegado a una estructura, donde los servicios han sido analizados y organizados según una metodología eficiente y coherente.

Se ha introducido un concepto nuevo, *las unidades de servicio (US)* que han servido como instrumento para la reorganización de los servicios y la extracción de los diferentes requerimientos necesarios para un correcto funcionamiento.

Y finalmente se han incluido nuevos servicios con el objetivo de adaptar la plataforma a las necesidades actuales de un municipio, como es la e-Administración.

### 8.1.2. Arquitectura de servidores

La reorganización de los servicios ha requerido el diseño de una plataforma acorde con las necesidades impuestas por estos, especialmente en lo que respecta a la arquitectura de servidores.

En este proyecto no solo se ha dado respuestas a estos requerimientos con equipamiento estándar, si no que se ha diseñado una plataforma con la última tecnología disponible en el mercado, incluyendo herramientas de virtualización, consiguiendo así una solución de futuro, segura, e innovadora en un escenario de estas características.

### 8.1.3. Plataforma de telefonía

La necesidad impuesta por la situación de partida ha sido cubierta con una solución de última generación como la telefonía IP. Que además ha aportado múltiples funcionalidades extra y beneficios tan claros como el ahorro de costes y la simplificación del puesto de trabajo.

Esta solución no ha sido diseñada al margen de los demás elementos, si no que se ha integrado con las demás soluciones y con el entorno municipal y sus características de disgregación.

Por lo tanto se ha conseguido una solución coherente con las necesidades actuales y asegurando la inversión en una plataforma funcional e innovadora.

### 8.1.4. Red de comunicaciones

Partiendo de una estructura de red obsoleta, que no disponía de ningún tipo de control, se ha diseñado una moderna red de comunicaciones capaz de dar respuesta a los requerimientos impuestos por el diseño de los demás elementos y las nuevas necesidades en materia de servicios al ciudadano.

Este diseño ha aportado una plataforma totalmente gestionable y modulable a las necesidades que impone la operativa de cualquier municipio. Siendo especialmente consecuentes con la seguridad, la funcionalidad y la escalabilidad del conjunto. Y todo acompañado con herramientas que faciliten la administración y gestión a los técnicos TIC municipales.

### 8.1.5. Infraestructura

En respuesta a la necesidad de extender los servicios y funcionalidades a los equipamientos municipales, se ha integrado una solución innovadora como es el Microtreching. Que ha aportado todas las funcionalidades de una red basada en fibra óptica, a un coste muy inferior de una solución convencional y todo bajo un diseño que contempla nuevas ampliaciones y funcionalidades.

Así mismo se ha diseñado elementos como el cableado estructurado del ayuntamiento con el objetivo de dar una solución global, en la que no se ha descuidado ningún elemento.

Como se ha demostrado, este proyecto ha cumplido con los requerimientos impuestos y ha ido más allá de estos, bajo el espíritu de una solución global e innovadora que de respuesta a los requerimientos actuales del diseño y futuras necesidades, con las últimas tecnologías disponibles. Y todo este proceso bajo una metodología y planificación correctamente definida.

## 8.2. Problemas encontrados

Los problemas encontrados para la elaboración de este proyecto se resumen en dos aspectos; la situación de partida y la multitud de disciplinas abordadas en este proyecto. A continuación se hace un balance resumido de ambos.

### 8.2.1. Escenario de partida

Un escenario como el de un ayuntamiento es a priori es un entorno complejo, en el que los servicios y procedimientos no están definidos correctamente. Unido a esto es un escenario que se caracteriza por unos sistemas TIC arcaicos y una despreocupación generalizada por lo que respecta a este tema.

La mala organización y la improvisación hacen que estos entornos tengan una infraestructura muchas veces insuficiente y mal dimensionada. A todo esto se suma una inexistente gestión de la plataforma, fruto de pocos recursos humanos y poca formación de estos.

La realización de este proyecto ha sido compleja y laboriosa en cuanto la extracción y la organización de toda la información suficiente para la consecución de este proyecto. Si bien gracias a la experiencia en este campo, se ha llegado a la comprensión necesaria del modelo de “negocio” de un consistorio y sus peculiaridades, permitiendo un diseño coherente y de futuro.

Se puede afirmar que el escenario de diseño es uno de los entornos más “hostiles”, no por su complejidad tecnológica, si no por su falta de organización e improvisación.

### 8.2.2. Escenario multidisciplinar

Este proyecto como se ha podido observar integra elementos de múltiples disciplinas; equipos informáticos, sistemas de almacenamiento y seguridad, telefonía, electrónica de red y seguridad, e incluso cableado estructurado y fibra óptica.

Este aspecto requiere una visión global y una integración perfecta de todos los elementos para poder extraer el máximo partido de todos los sistemas. Pero a su vez se necesita un amplio conocimiento y estudio de toda la información específica referente a cada una de las disciplinas y tecnologías.

Finalmente se ha conseguido una estructura completa que da solución a cada uno de los retos y necesidades que planteaba este proyecto y a su vez se han integrado perfectamente en una plataforma global. Este diseño pone de manifiesto la complejidad de los sistemas TIC y su interdependencia.



## 9. Futuras vías de trabajo



Las futuras vías de trabajo sobre este proyecto son amplias pero a continuación se destacan las más importantes.

### 9.1. Integración de nuevos servicios

Este proyecto ha servido para diseñar una plataforma de partida para todo un mundo de nuevas funcionalidades y servicios. El objetivo principal ha sido diseñar una plataforma moderna y escalable, capaz de absorber las presentes y futuras necesidades de un ayuntamiento de estas características. Y sobre todo preparar los sistemas TIC para una nueva plataforma de servicios On-Line.

En este sentido la inclusión de estos nuevos servicios que irán naciendo de la mano de la e-administración supone por si mismo una futura vía de trabajo.

Así mismo el crecimiento de la infraestructura puede dar paso a nuevos servicios y posibilidades que pueden por ejemplo suponer la utilización de parte de esta infraestructura para dar servicios como Internet, telefonía y televisión al conjunto de ciudadanos.

### 9.2. Guía para la estandarización de municipios

Otra de las posibles futuras vías de trabajo es la adaptación de este proyecto para convertirlo en un estándar de referencia para otros municipios de similares características, siendo utilizado por diputaciones o gobiernos territoriales y estatales para el diseño de un ayuntamiento tipo.



## 10. Bibliografía



## Publicaciones

- (1) AOC “Registre general d’entrada/sortida, telemàtic i presencial”, Enero del 2008
- (2) Diputació de Barcelona “L’Ajuntament a Internet” Mayo 2003
- (3) Diputació de Barcelona “Pla de concertació 2008-2011, Xarxa de municipis de qualitat”
- (4) Localret “Plans directors per a la societat del coneixament” Diciembre 2003
- (5) Ignacio Baquedano Ibáñez “Proyecto de telefonía IP en 423 centros de la comunidad de Madrid” Mayo 2006
- (6) Cisco Systems “Inter-Switch Link and IEEE 802.1Q Frame Format” Agosto 2006
- (7) ITU-T Study Group 15 “Characteristics of a single-mode optical fibre cable” Octubre 2000
- (8) Comisión de Estudio 16 del ITU-T “Código de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5,3 y 6,3 kbit/s”, Mayo 2006
- (9) UIT-T Rec. G.711 (11/88) “Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales”, 1993

## Leyes

- (10) BOE número 150 “Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos” Junio 2007

## Libros

- (11) Cisco System “convergencia IP”

## Enlaces Web

### Instituciones

- (12) [www.aoc.cat/](http://www.aoc.cat/) Administració Oberta de Catalunya
- (13) [www.diba.es](http://www.diba.es) Diputació de Barcelona
- (14) [www.localret.net](http://www.localret.net) Consorcio Localret
- (15) [www.itu.int](http://www.itu.int) Unión Internacional de Telecomunicaciones
- (16) [www.ietf.org/](http://www.ietf.org/) The Internet Engineering Task Force
- (17) [www.boe.es](http://www.boe.es) Boletín Oficial del estado

### Fabricantes y organizaciones

- (18) [www.xensource.com](http://www.xensource.com) Xen/Citrix
- (19) [www.microsoft.es](http://www.microsoft.es) Microsoft

- (20) [www.linux-kvm.org](http://www.linux-kvm.org) Organización KVM Linux
- (21) [www.vmware.com](http://www.vmware.com) VMware Corporate
- (22) [www.ibm.com/es/es](http://www.ibm.com/es/es) IBM
- (23) <http://es.sun.com> SUN Microsystems
- (24) [www.hp.es](http://www.hp.es) Hewlett Packard
- (25) [www.ericsson.com/es/](http://www.ericsson.com/es/) Ericsson
- (26) <http://w1.siemens.com/entry/es> Siemens
- (27) [www.cisco.com](http://www.cisco.com) Cisco Systems
- (28) [www.enterasys.com/es](http://www.enterasys.com/es) Enterasys
- (29) [www.juniper.net/](http://www.juniper.net/) Juniper Networks



## 11. Agradecimientos



A mi padre que siempre se sintió orgulloso de su hijo y me apoyó durante toda la carrera, ojalá estuvieras aquí para verlo...

A Daniel Guasch por los sabios consejos y la paciencia que ha tenido conmigo, que es mucha...

A mi madre y mi hermana que me han dado todo su apoyo y cariño durante este proyecto y toda la carrera.

A Josep Ferrer por su gran experiencia en los dos mundos que ocupa este proyecto las TIC y los entresijos de un ayuntamiento. Y sobre todo por sus ánimos y lúcidos consejos de un gran amigo.

A David Roca un gran amigo y una maravillosa persona, por estar ahí, sufriendo los nervios y las vicisitudes de este proyecto y ayudándome con TODO lo que ha estado en sus manos, demostrando que los amigos de verdad SIEMPRE están ahí y son un gran tesoro.

A todos y cada uno de mis amigos; Montse, Sonia, Anita, Irene, Samanta... y muchos más, que me han apoyado en todo momento.

A David Raya un gran amigo que me ha animado para llegar hasta aquí...

A Luís Ramos y José Miguel Quiñones que me han animado y facilitado la redacción de este proyecto.

A Marcelo Yannuzzi por sus aportaciones e incalculables conocimientos en redes.

A mis compañeros de UPC especialmente a Elena Querol que siempre se ha preocupado con su “¿¿¿Como tienes el proyecto???”...

Y sobre todo a una persona muy especial, que ha permanecido a mi lado en todo momento, apoyándome, sufriendo conmigo, dándome todo su ánimo y comprensión, y que sin ella esto no hubiera sido posible, ESTO ES DE LOS DOS AMOR MIO... TAST!!!